

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему «Модернізація вертикально-фрезерного верстату за рахунок збільшення частоти обертання шпинделю»

Виконав: студент IV курсу, групи ВІ-81-0
спеціальності: _____

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: _____

«Металорізальні верстати та системи»

(назва освітньої програми)

Данило ПОТОМАХА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник _____

Сергій НЕКРАСОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент _____

Андрій ДОВГОПОЛОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-науковий рівень перший (бакалаврський)
(назва)
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Металорізальні верстати та системи»
(назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Потомаха Данило Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Модернізація вертикально-фрезерного верстату
За рахунок збільшення частоти обертання шпинделю

керівник проєкту Некрасов Сергій Сергійович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « ____ » _____ 2022 року № ____

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) « 01 » червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) _____

3.1 Креслення верстату

3.2 Паспорт верстату

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналіз конструкції пристроїв та механізмів верстату

4.2 Розрахункова частина

4.3 Модернізація коробки швидкостей верстату

4.4 Технологічний процес виготовлення деталі

4.5 Вибір та розрахунок верстатного пристрою верстату

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Загальний вигляд верстату

5.2 Креслення модернізованої коробки швидкостей

5.3 Креслення зубчастого колеса верстату

5.4 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Технологічна документація виготовлення деталі «Зубчасте колесо»

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	10.05.2022	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.05.2022	
3	Оформлення пояснювальної записки	20.05.2022	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	25.05.2022	
5	Оформлення креслень та презентації	31.05.2022	

Студент

(підпис)

Данило ПОТОМАХА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Сергій НЕКРАСОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» червня 2022 р.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ ЗА
РАХУНОК ЗБІЛЬШЕННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ШПИНДЕЛЮ**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Металорізальні верстати та системи»

Студент

Данило ПОТОМАХА

Керівник

Сергій НЕКРАСОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра становить 84 сторінки, в тому числі 29 рисунків, 10 таблиць, 5 додатків на восьми сторінках, бібліографії із 27 джерел на трьох сторінках

Металорізальні верстати складають більшу частину технологічного обладнання. До нашого часу використовуються старі моделі верстатів та обладнання у машинобудівній галузі нашої країни. Це призводить до необхідності модернізації цього обладнання.

В даній дипломній роботі проведена модернізація коробки швидкостей верстату 6Т12.

Метою дипломної роботи було: проектування приводу головного руху вертикально- фрезерного консольного верстату моделі 6Т12. Для виконання даного завдання було модернізовано коробку швидкостей базової моделі верстата. Також в дипломному проекті був написаний технологічний процес виготовлення зубчастого колеса та створений спеціальний пристрій для зубофрезерної операції.

ВЕРСТАТ 6Т12, ЗУБОФРЕЗЕРНА, ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСА, КОРОБКА ШВИДКОСТЕЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАЗОВУ МОДЕЛЬ ВЕРСТАТА.....	6
1.1 Призначення, область застосування	6
1.2 Основні вузли верстата	7
1.3 Технічна характеристика верстата 6Т12	8
2 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДА(ПРИВОДІВ)	11
2.1 Вибір структурної формули привода	11
2.2 Визначення кількості валів у приводі.....	11
2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми	12
2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді.....	12
2.5 Побудова структурних сіток.....	14
2.6 Аналіз структурних сіток.....	19
2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя.....	20
2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс	21
2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя.....	25
2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку	26
3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГУ РУХУ	27
3.1 Проектування зубчатої передачі.....	30
3.2 Перевірочний розрахунок фактичних згинаючих напруг.....	32
3.3 Перевірочний розрахунок фактичних контактних напруг	32
3.4 Вибір та розрахунок шпонок	33
3.5 Визначення навантажень, що діють на шпиндель	35
3.6 Приблизний розрахунок шпинделя.....	37
3.7 Перевірочний розрахунок шпинделя на втомлений опір.....	38
3.8 Проектування вузлів підшипників кочення	39
3.8.1 Вибір підшипників кочення	39
3.8.2 Розрахунок підшипників кочення	39

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Модернізація вертикально – фрезерного верстату за рахунок збільшення частоти обертання шпинделю	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		<i>Потомаха Д.Ю</i>				3	3	84
Перевір.		<i>Некрасов С.С</i>						
Н. контр.						СумДУ ВІ-81-0		
Затверд.								

3.9 Розрахунок прогину на кінці шпинделя	42
3.10 Розрахунок динамічних характеристик приводу	42
3.11 Визначення системи мастила	49
3.12 Висновок	49
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА ВЕРСТАТУ .	50
4.1 Опис зубчастого колеса верстату.....	50
4.2 Розробка опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі	50
4.2.1 Підбір верстатів.....	56
4.2.2 Підбір ріжучого інструменту	56
4.2.3 Підбір вимірювального інструменту.....	57
4.2.4 Обладнання	57
4.3 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі	58
6 ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.....	62
6.1 Уточнення мети проектування. Аналіз вихідних даних	62
6.2 Аналіз схеми базування заготовки	63
6.3 Розрахунок сил закріплення	65
6.4 Вибір і розрахунок силового приводу	67
6.5 Розрахунок верстатного пристрою на точність	70
6.6 Будова та принцип дії верстатного пристрою	72
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	74
ДОДАТКИ.....	77
Додаток А.....	77
Додаток Б.....	78
Додатки В.....	79
Додаток Г.....	80
Додаток Д.....	81

ВСТУП

До нинішніх машин і приладів представлені високі вимоги по технікоексплуатаційним характеристикам, точності і надійності в роботі. Це забезпечується високою точністю розмірів і якістю оброблених поверхонь деталей машин і приладів. Тому, незважаючи на великі досягнення технології виробництва високоякісних заготовок, метод обробки деталей різанням і роль металорізальних верстатів у машинобудуванні підвищується.

Сучасні металорізальні верстати - це різноманітні і досконалі робочі машини, що використовують механічні, електричні, пневматичні і гідравлічні методи здійснення рухів і управління робочим циклом. Верстатобудування розвивається як в кількісному, так і якісному відношенні. Безперервно підвищуються точність, продуктивність, потужність, швидкохідність і надійність роботи верстатів. Поліпшуються експлуатаційні характеристики, розширюються технологічні можливості.

В ході проектування розглянуто модернізацію верстата моделі 6Т12, а саме заміну коробки швидкостей шпинделя. Вибрані спеціальні пристрої та проведені розрахунки. За допомогою цих вдосконалень з'являється можливість обробляти на верстаті деталі з більшими частотами обертів шпинделя .

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАЗОВУ МОДЕЛЬ ВЕРСТАТА

1.1 Призначення, область застосування

Верстати моделі 6Т12 призначені для виконання різноманітних фрезерних, свердлильних та розточувальних робіт при обробці деталей будь-якої форми зі сталі, чавуну, кольорових металів, їх сплавів та інших матеріалів.

На даному верстаті можна виконувати фрезерування деталей середнього розміру та ваги. Верстат призначений для обробки різноманітних сталей, чавуну, кольорових металів, пластмаси в умовах серійного та індивідуального виробництва.

На даному верстаті можна обробляти вертикальні і горизонтальні площини, пази, кути, нарізати зубчасті колеса торцевими, циліндричними, кінцевими, радісних фрезами.

Фрезерування зубчастих коліс, розгорток, спіралей, контуру кулачків і інших деталей, які потребують періодичного або безперервного повороту навколо своєї осі, виробляються на даному верстаті із застосуванням ділильної головки або накладного круглого столу.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1.2 Основні вузли верстата

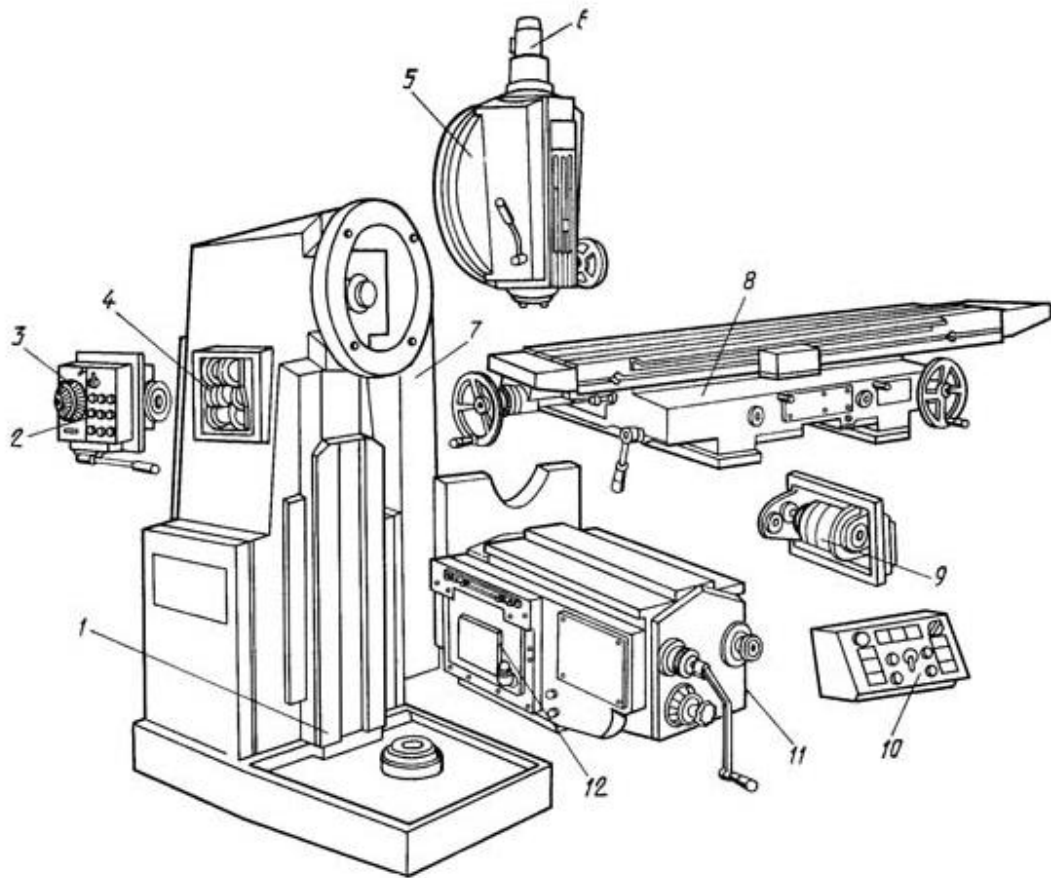


Рисунок 1.1 – Складові частини верстату 6Т12

На рисунку 1.1 показані основні вузли базової моделі верстата:

1 – станина, 2 – пульт боковий, 3 – механізм переключення подачі, 4 – коробка швидкостей шпинделя, 5 – поворотна голівка, 6 – пристрій електромеханічного затиску інструменту, 7 – блок управління, 8 – стіл та санки, 9 – механізм повільної подачі, 10 – основний пульт, 11 – консоль, 12 – коробка подач.

Креслення верстату наведено в Додатку А

										Арк.
										7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

1.3 Технічна характеристика верстата 6Т12

Технічні характеристики верстата 6Т12 показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстату

Назва параметру	Значення
Основні параметри верстату	
Розміри поверхні стола, мм	1250 x 320
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	400
Найбільший поздовжній хід стола(X), мм	800
Найбільший поперечний хід стола (Y), мм	320
Найбільший вертикальний хід стола(Z), мм	420
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини(виліт), мм	380
Відстань від краю столу до вертикальних направляючих станин, мм	70...390
Шпиндель	
Потужність приводу головного руху, кВт	7.5
Частота оберту шпинделя, об/мм	31,5...1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Переміщення пінолі шпинделя, мм	70
Переміщення пінолі шпинделя на одне ділення лімба, мм	0,05
Кут повороту шпиндельної голівки , град	±45°
Робочий стіл. Подача	
Межі поздовжніх та поперечних подач столу (X, Y), мм/хв.	12,5...1600
Межі вертикальних подач столу (Z), мм/хв.	4,1...530
Кількість подач столу(поздовжніх, поперечних, вертикальних)	22
Швидкість швидкого переміщень (поздовжніх, поперечних, вертикальних) X.Y/Z , м/хв	4\,330
Переміщення столу на одне ділення лімбу (поздовжніх, поперечних, вертикальних),мм	0,05

Продовження таблиці 1.1

Найбільш допустима сила різання (поздовжніх, поперечних, вертикальних), кН	15\12\5
Привід та електрообладнання	
Кількість електродвигунів на верстаті	4
Електродвигун головного руху, кВт	7,5
Електродвигун приводу подач, кВт	3
Електродвигун насосу ЗОР, кВт	0,12
Електродвигун затискача інструменту, кВт	0,25
Сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт	10,87
Габаритні розміри та маса верстату	
Габарити верстату(довжина ширина висота), мм	2280x1965x2265
Маса верстату, кг	3250

Модернізація вертикально-фрезерного верстату за рахунок збільшення частоти обертання шпинделю. Це можливо за допомогою модернізації приводу головного руху верстату.

Підвищити ефективність обробки на верстаті 6Т12 можна шляхом заміни існуючого приводу електродвигун постійного струму для головного руху, сконструйований відповідно до новітніх тенденцій в області. Новий електродвигун повинен мати необхідну для здійснення всіх можливих видів обробки потужністю і мати діапазон регулювання частоти обертання не гірше, ніж зазначений у технічних характеристиках верстата.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

Для передачі крутного моменту з ротора електродвигуна на шпиндель використовуємо прямозубу циліндричну зубчасту передачу.

Тоді спрощена кінематична схема проектованого приводу головного руху матиме вигляд:

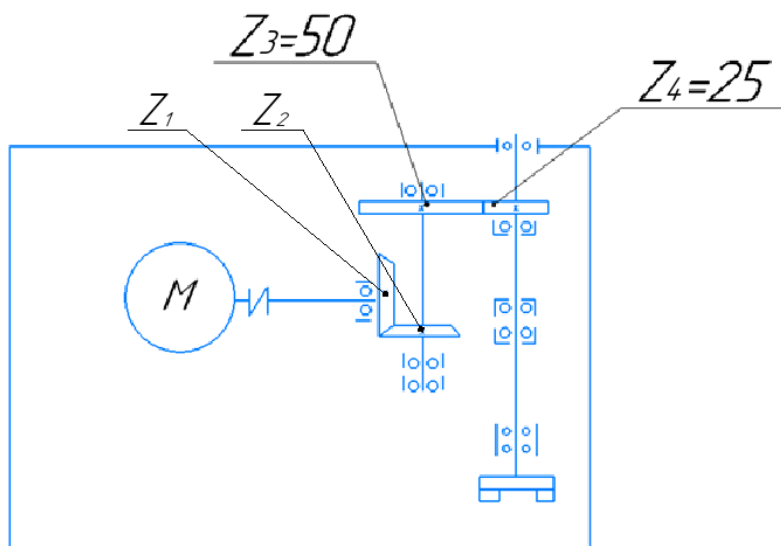


Рисунок 1.2 - Спрощена кінематична схема проектованого приводу головного руху

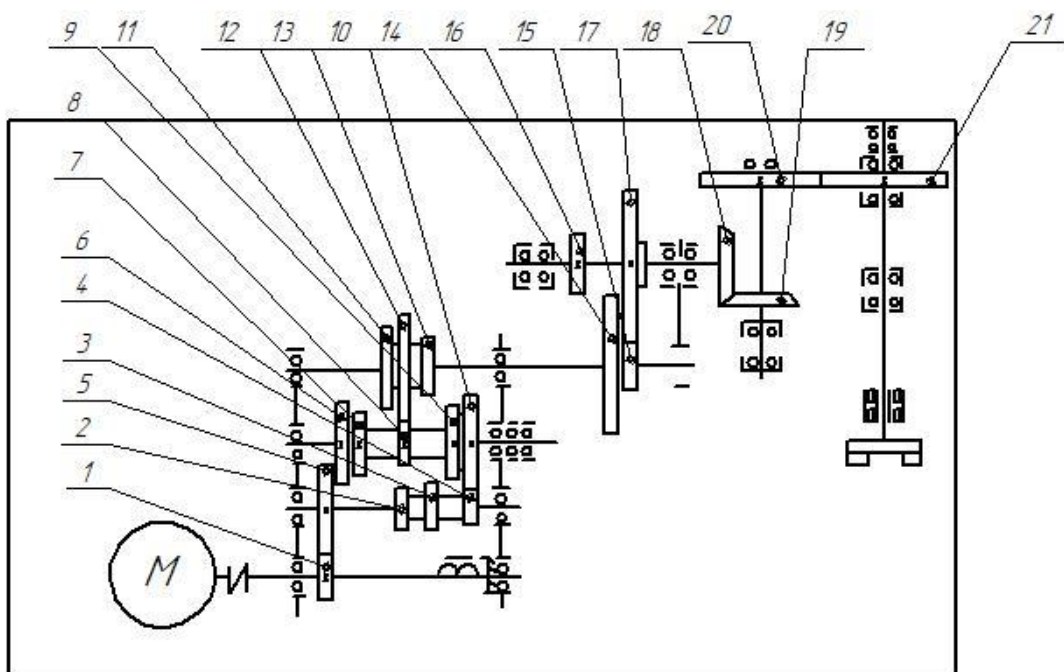


Рисунок 1.3 – Кінематична схема приводу головного руху верстату 6Т12

2 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДА (ПРИВОДІВ)

Модернізацію коробки швидкостей виконуємо за з такими вихідними даними: $n_{дв} = 1455 \text{ хв}^{-1}$, $n_{min} = 31.5 \text{ хв}^{-1}$, $\phi = 1,26$, $Z = 18$.

2.1 Вибір структурної формули привода

Структурна формула привода має такий вигляд:

$$Z = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_i, \quad (2.1)$$

де Z – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

i – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

P – кількість передач у групі.

Для кількості передач $Z = 18$ можуть бути такі структурні формули:

$Z = 2 \cdot 9, 3 \cdot 6, 2 \cdot 3 \cdot 3$ та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам $Z = 18$. Формули є рівнозначними з математичної точки зору, тому що відповідають вимогам $Z = 18$, але з точки зору механіки вони зовсім різні. Найбільш оптимальним варіантом з усіх представлених є варіант $Z = 2 \cdot 3 \cdot 3$.

2.2 Визначення кількості валів у приводі

У приводі верстата можливість визначення валів пов'язана із структурною формулою. За формулою визначимо цю залежність, яка є дуже простою.

$$B = m + 1, \quad (2.2)$$

де m – кількість груп передач привода.

Для обраної оптимальної структурної формули $Z = 2 \cdot 3 \cdot 3$, $m = 3$, тоді за формулою кількість валів $B = 4$.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми

Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1

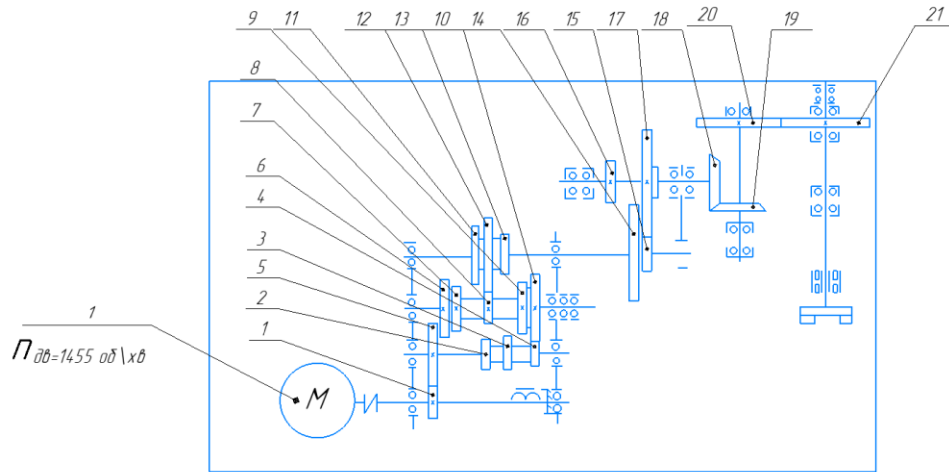


Рисунок 2.1 - Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді

2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

У розгорнутому вигляді структурна формула містить в собі характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3) \cdot \dots \cdot P_m(X_m), \quad (2.3)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді:

$$1) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\parallel \quad | \quad 0$$

$$2) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$| \quad \parallel \quad 0$$

$$3) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\parallel 0 \quad |$$

$$4) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$| \quad 0 \quad \parallel$$

$$5) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$0 \quad | \quad \parallel$$

$$6) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$0 \quad \parallel \quad |$$

Отримаємо такі значення після підстановки кількості переключень:

$$1) \quad Z = 2(1) \cdot 3(2) \cdot 3(6)$$

$$\parallel \quad | \quad 0$$

$$2) \quad Z = 2(1) \cdot 3(6) \cdot 3(2)$$

$$| \quad \parallel \quad 0$$

$$3) \quad Z = 2(3) \cdot 3(1) \cdot 3(6)$$

$$\parallel \quad 0 \quad |$$

$$4) \quad Z = 2(3) \cdot 3(6) \cdot 3(1)$$

$$| \quad 0 \quad \parallel$$

$$5) \quad Z = 2(9) \cdot 3(1) \cdot 3(3)$$

$$0 \quad | \quad \parallel$$

$$6) \quad Z = 2(9) \cdot 3(3) \cdot 3(1)$$

$$0 \quad \parallel \quad |$$

2.5 Побудова структурних сіток

Структурні сітки – це симетричні діаграми, котрі у розгорнутому вигляді відображають структурні формули та кількість груп переключень, характер переключень в залежності від того, яку групу відіграє роль також вказують на кількість валів. Сітка будується на фоні або ж на полі сітки, котре в свою чергу складається із вертикальних ліній, кількість яких відповідає кількості швидкісних ступенів привода та горизонтальних, які визначають вали. Нульова точка частот розміщується посередині лінії, оскільки сітка симетрична діаграма, що відповідає першому валу. Відстань береться між вертикалями такою, що рівна характеристиці $X=1$.

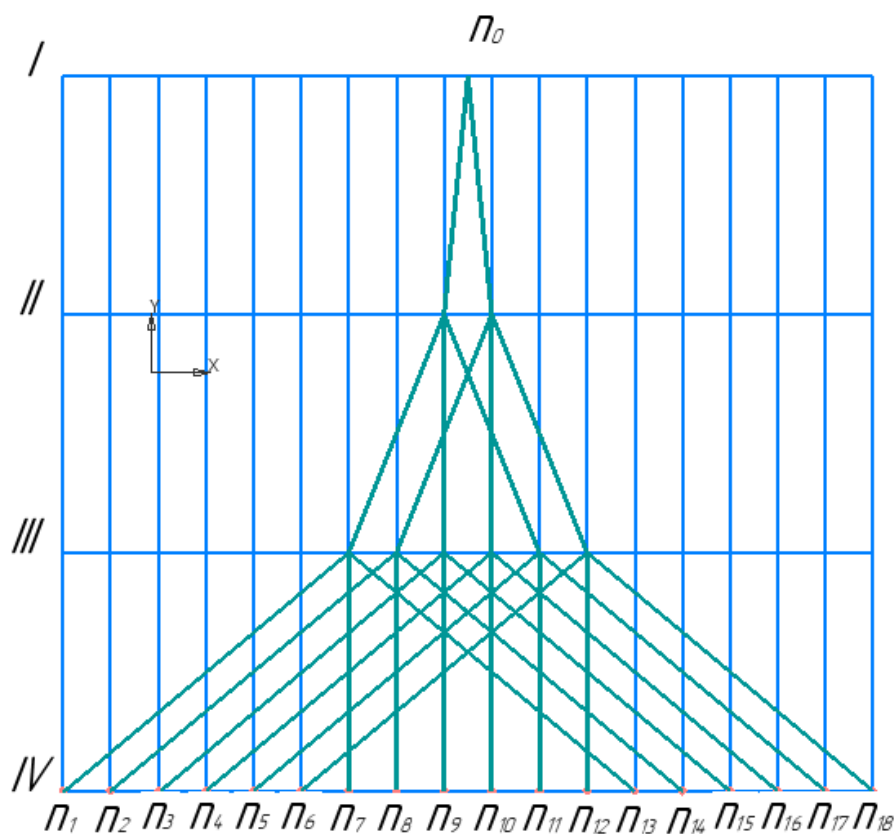


Рисунок 2.2 - Структурна сітка для формули 1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

14

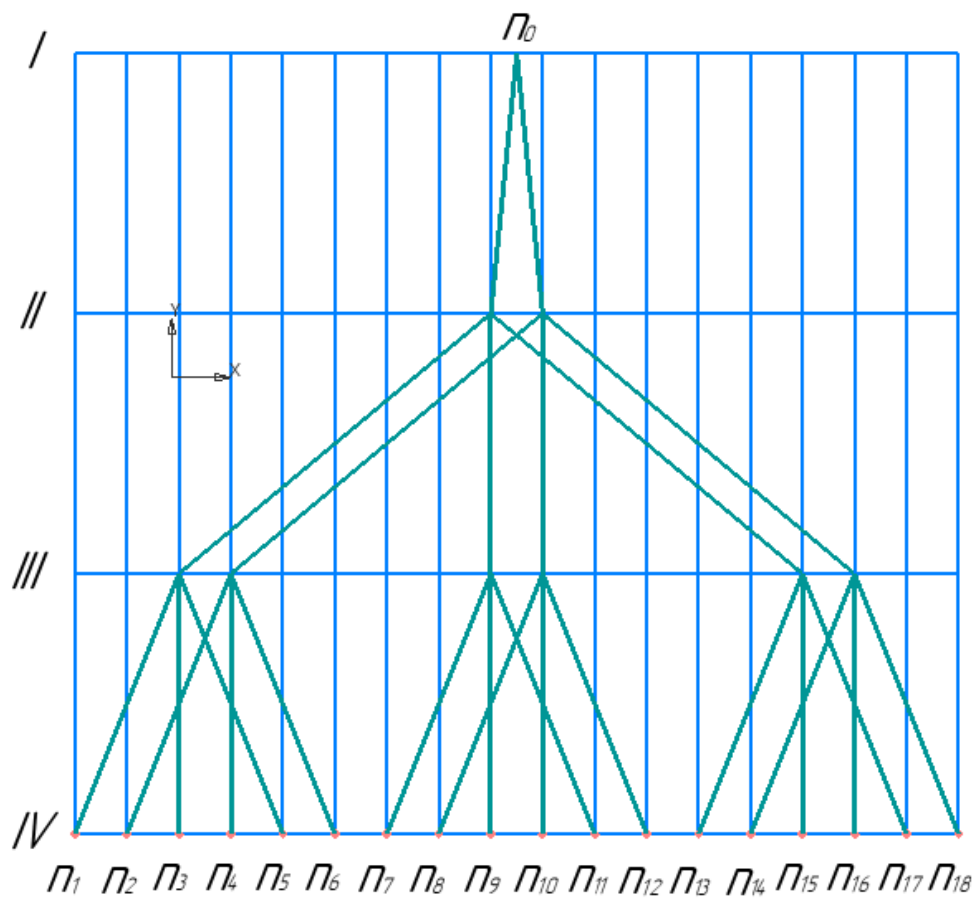


Рисунок 2.3 - Структурна сітка для формули 2

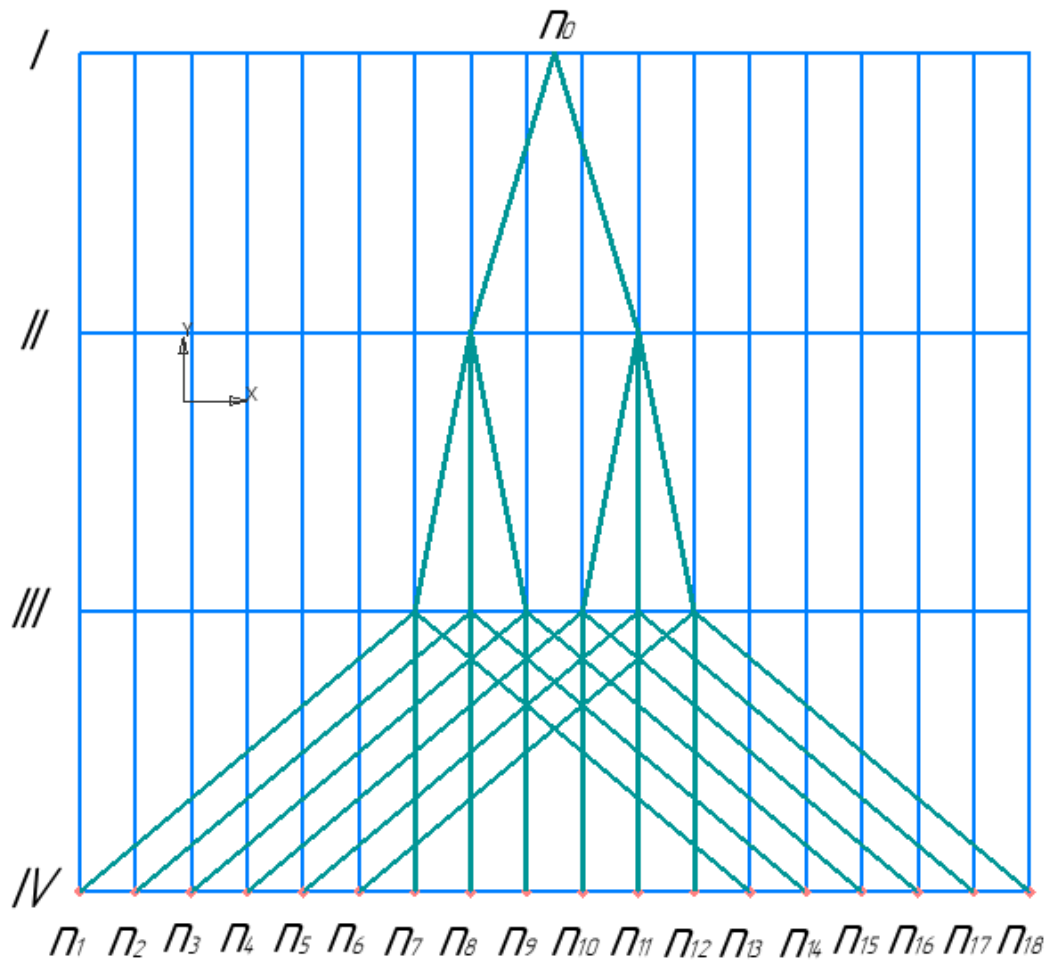


Рисунок 2.4 - Структурна сітка для формули 3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

16

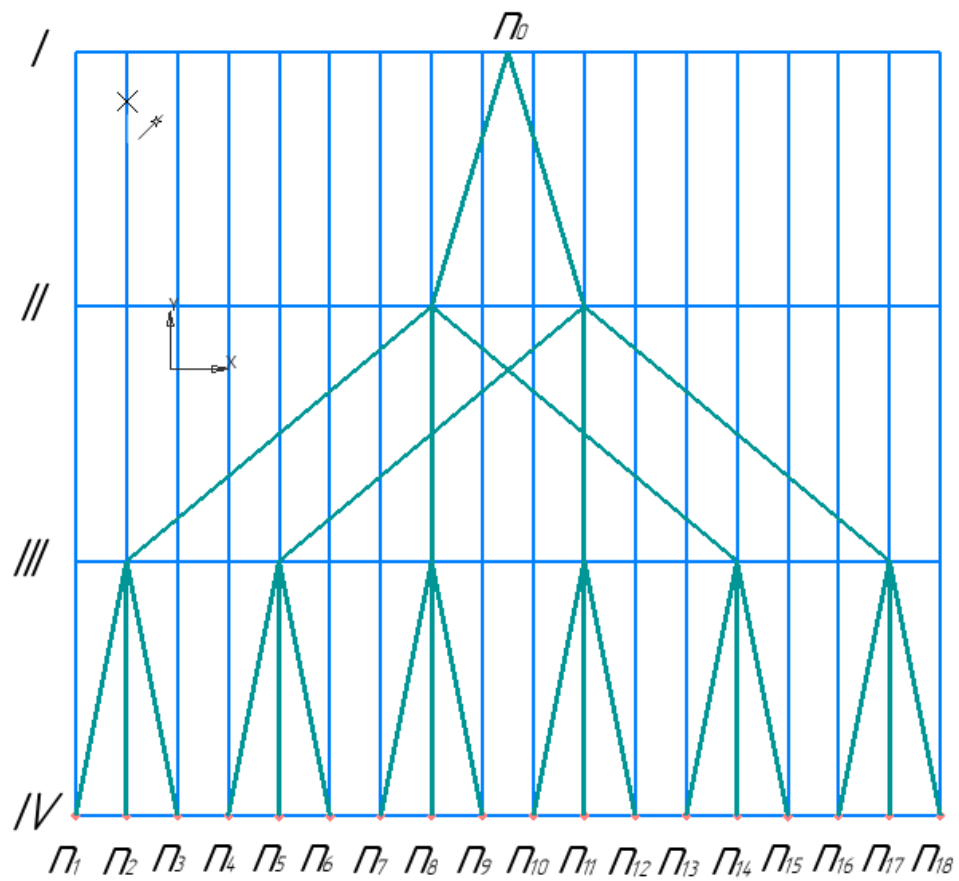


Рисунок 2.5 - Структурна сітка для формули 4

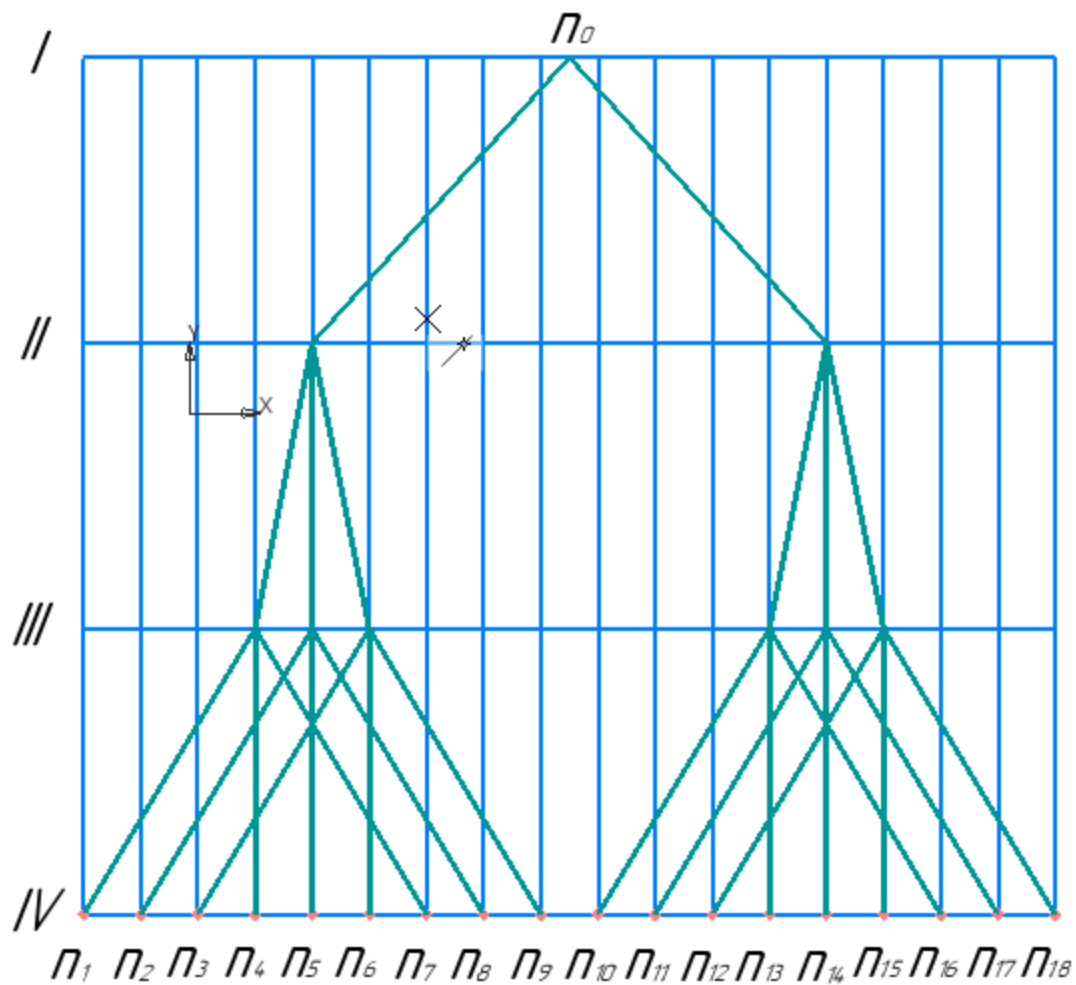


Рисунок 2.6 - Структурна сітка для формули 5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

18

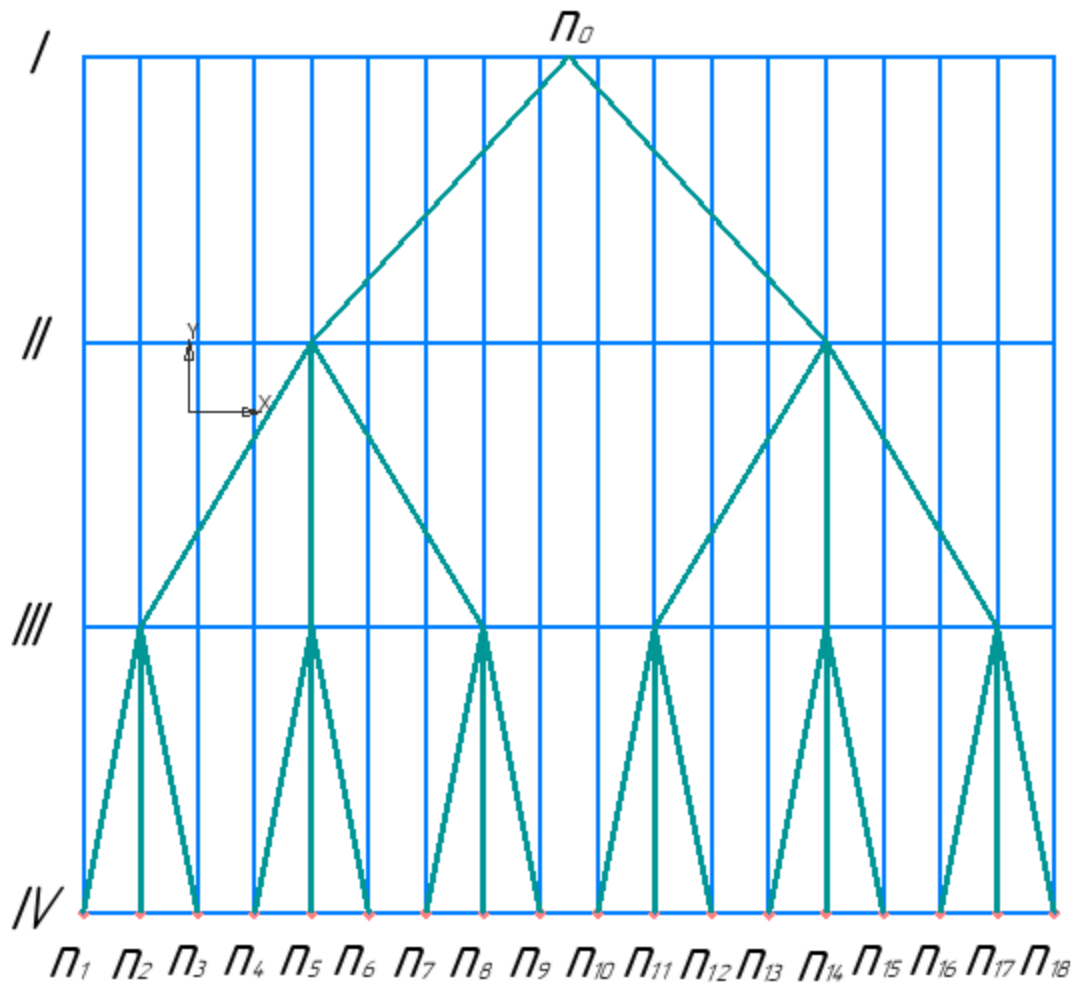


Рисунок 2.7 - Структурна сітка для формули 6

2.6 Аналіз структурних сіток

Навіть одночасне порівняння структурних сіток показує, що вони мають різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого валу до четвертого. Порівняння наведених варіантів дає змогу визначити, що серед представлених найкращий варіант перший, а найгірший – шостий. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на першому варіанті структурних сіток як оптимальному.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя

Мінімальна частота $n_{\min} = 31.5 \text{ хв}^{-1}$, знаменник ряду частот обертання $\varphi = 1,26$, кількість передач $Z = 18$. З цих даних розраховуємо геометричний ряд частот та отримуємо такі значення: $n_1 = 31.5$, $n_2 = 40$, $n_3 = 50$, $n_4 = 63$, $n_5 = 80$, $n_6 = 100$, $n_7 = 125$, $n_8 = 160$, $n_9 = 200$, $n_{10} = 250$, $n_{11} = 315$, $n_{12} = 400$, $n_{13} = 500$, $n_{14} = 630$, $n_{15} = 800$, $n_{16} = 1000$, $n_{17} = 1250$, $n_{18} = 1600$

Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 1455 \text{ хв}^{-1}$.

Також додаємо в графік ще один вал, який потрібен для зменшення передатних відношень.

Передавальних відношень окремих передач в групах та фактичних значень частот обертання, структурна сітка не дає. Щоб визначити ці величини треба побудувати інший графік – графік частот обертання. Даний графік являється фактичною картиною частот обертання вихідного органу нашого приводу.

Для побудови графіку потрібно знати:

- а) знаменник ряду частот обертання φ ;
- б) фактичні частоти обертання від $n_1 = n_{\min}$ до $n_z = n_{\max}$;
- в) частота обертання обраного приводу двигуна $n_{\text{дв}}$;
- г) повна кінематична схема приводу, яка крім групових передач може мати і поодинокі передачі.

Ще один вал вводимо в графік частот, щоб зменшити передавальні відношення.

На рисунку 2.8 зображено графік частот обертання шпинделя приводу верстата (без розрахунку передатних відношень).

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

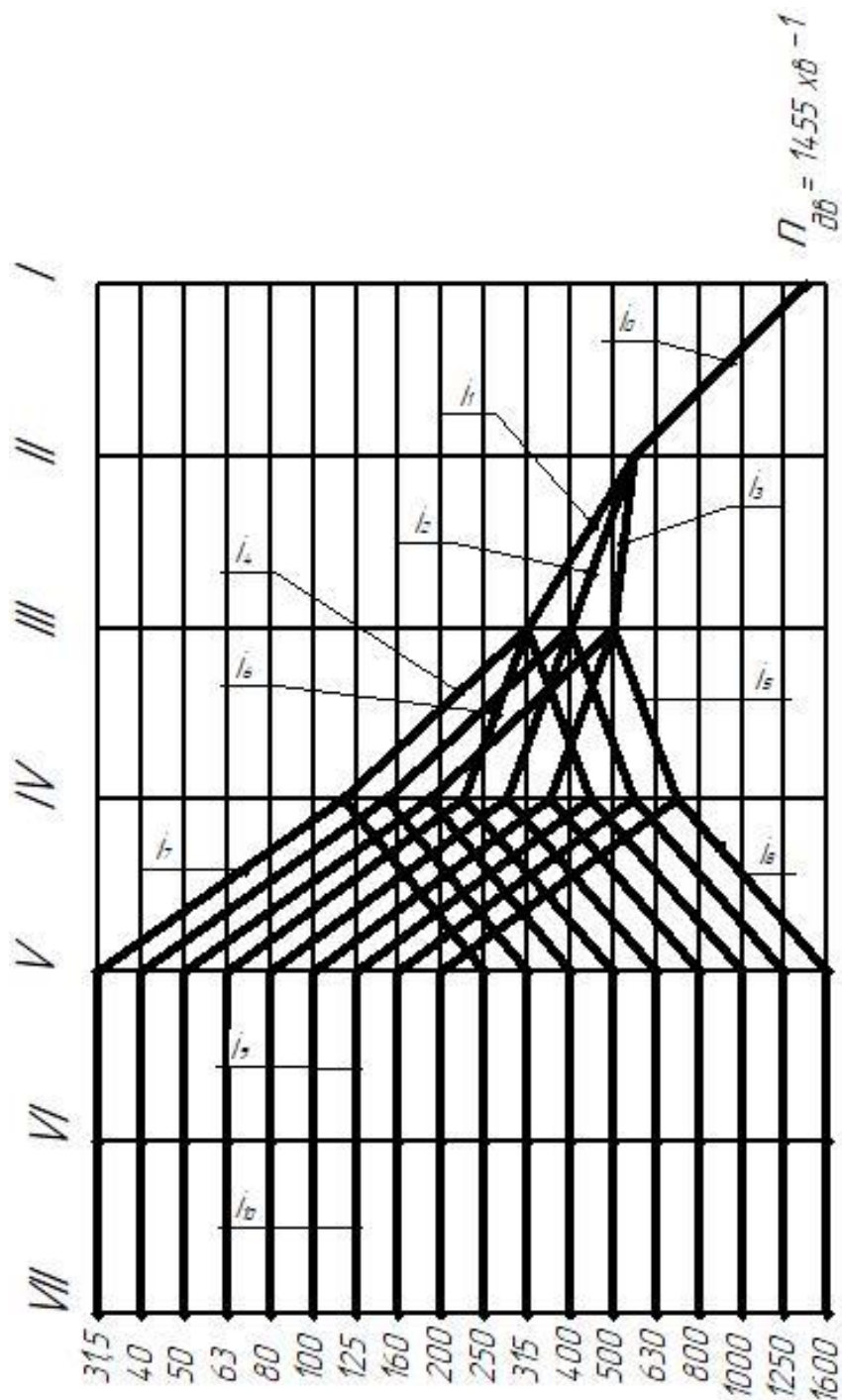


Рисунок 2.8 – Графік частот обертання шпинделя привода верстата (без розрахунку передатних відношень)

2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс

На первісному варіанті кінематичної схеми позначені як Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 і т. д., можна визначити кількість зубців зубчастих коліс у кожній парі, коли

побудовано графік частот обертання. Також існують правила для визначення кількості зубців зубчастих коліс. Перше правило заключається у тому, що у передачі залишається незмінною сума зубців зубчастих коліс, тобто можна написати, що $\Sigma Z = Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 = \text{const}$ (між першим та другим валами, наприклад). Найменша кількість зубів на одному колесі може бути

18 – 20, виходячи з цього визначають суму Z . Тоді $\Sigma Z_{\text{max}} \approx 120$, відповідно $\Sigma Z_{\text{min}} \approx 40$.

Друге правило заключається у тому, що передатні відношення записують через кількість зубів зубчастих коліс і прирівнюють їх до передатних відношень з графік частот обертання через знаменник геометричного ряду. Але виходячи с того що я виконую розрахунок кінематики для заданого верстату без модернізації , всі зубчасті колеса та кількість зубів , зведені в паспорті верстату, та показані на таблиці 2.1.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

Таблиця 2.1 – Перелік зубчастих коліс, черв'яків та ходових гвинтів

До якого складу входить	Позиція	Кількість зубів зубчастих коліс чи заходів черв'яка, ходових гвинтів	Модуль або крок ,мм
Коробка швидкостей	1	27	3
	2	19	4
	3	22	4
	4	16	4
	5	53	3
	6	35	4
	7	27	4
	8	17	4
	9	32	4
	10	38	4
	11	37	4
	12	46	4
	13	26	4
	14	82	3
	15	19	4
	16	38	3
	17	69	4
	18	30	3,32
	19	30	3,32
	20	72	3
	21	72	3
	22	1	4
	23	1	4
	24	31	1,5
	25	31	1,5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

23

На рисунку 2.9 зображено графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами).

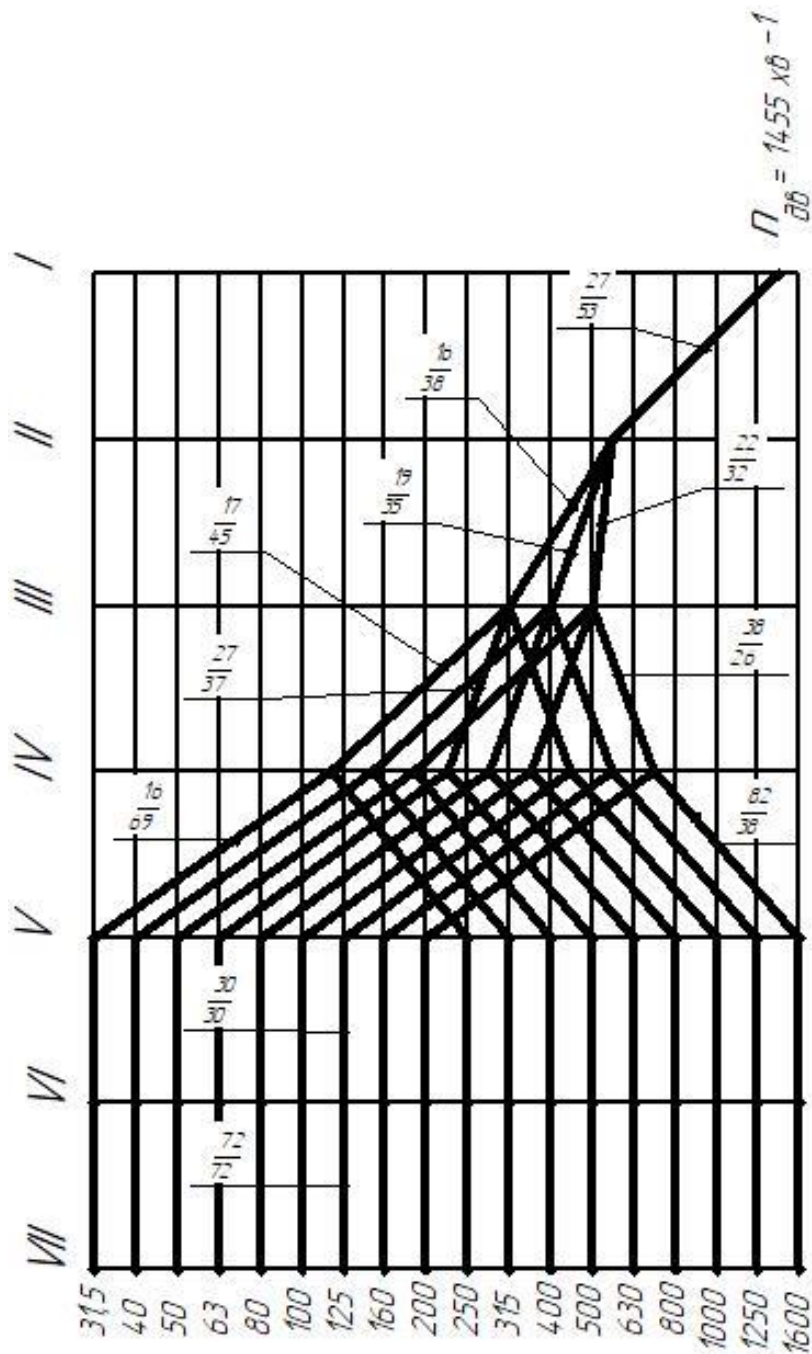


Рисунок 2.9 - Графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

24

2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя

Шляхом складання відповідних рівнянь кінематичного балансу, можна визначити фактичні частоти обертання шпинделя, якщо прораховані усі передатні відношення привода. Користуючись графік частот обертання можна складати такі рівняння. На структурних сітках точка на валу одна і відповідає точці n_0 , тому вихідною точкою для таких розрахунків є частота 1455 хв^{-1} . Якщо перемножити передатні відношення i_1, i_4, i_6, i_8 , можна отримати першу або найменшу частоту. Потрібно записати так:

$$n_1 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 28 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_2 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 35 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_3 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 45 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_4 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 53 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_5 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 70 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_6 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 87 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_7 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 105 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_8 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 136 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_9 = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{16}{69} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 173 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{10} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 254 \text{ хв}^{-1},$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

$$n_{11} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 328 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{12} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{17}{45} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 415 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{13} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 491 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{14} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 633 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{15} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{27}{37} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 802 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{16} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{16}{38} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 984 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{17} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{19}{35} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 1269 \text{ хВ}^{-1},$$

$$n_{18} = 1455 \cdot \frac{27}{53} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{38}{26} \cdot \frac{82}{38} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{72}{72} = 1607 \text{ хВ}^{-1},$$

2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку

Визначимо похибку між фактичними числами обертів вихідного вала та стандартизованими використовуючи формулу:

$$\Delta = \pm \frac{n_{\phi} - n_{cm}}{n_{cm}} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де n_{ϕ} , n_{cm} – відповідно фактичні та стандартизовані частоти обертання шпинделя.

Відповідність частот обертання шпинделя перевіримо на 12 частоті за формулою:

$$\Delta_{18} = \frac{1607 - 1600}{1600} \cdot 100\% = 0,44\%, \quad (2.6)$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

що знаходиться у межах допуску $[\Delta] = \pm 2,6 \%$.

Можна зробити висновок, що розрахунок виконаний вірно, після оцінки точності кінематичного розрахунку.

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГУ РУХУ

Підвищити швидкість обертів шпинделя на верстаті 6Т12 можна шляхом заміни існуючого приводу електродвигун постійного струму для головного руху, сконструйований відповідно до новітніх тенденцій в області. Новий електродвигун повинен мати необхідну для здійснення всіх можливих видів обробки потужністю і мати діапазон регулювання частоти обертання не вже, ніж зазначений у технічних характеристиках верстата. Найбільша потужність при вертикально фрезерній обробці необхідна під час роботи на максимальній швидкості різання. Згідно даних "Справочник технолога-машиностроителя" швидкість різання V_{\max} виникає при найменших глибині різання ($t_{\min}=4\text{мм}$) і подачі ($s_{\min}=0,24\text{мм/об}$).

В цьому випадку як матеріал заготовки приймаємо конструкційну вуглецеву сталь, а матеріал різальної частини різця твердий сплав Т15К6 зі стійкістю $T=120-200$ хвилин.

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot Z^p} \quad (3.1)$$

де, B - ширина фрезерування, мм

C_v, q, m, x, y, u, p , – коефіцієнти та показники степеню приведені в таблиці 39 «Справочник технолога-машиностроителя Том2»

Z – число зубців фрези

T – період стійкості приведений в таблиці 40 «Справочник технолога-машиностроителя Том2»

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \quad (3.2)$$

де, K_{mv} – коефіцієнт, враховуючий якість оброблюваного матеріалу.

K_{pv} – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки.

K_{iv} – коефіцієнт, враховуючий матеріал інструменту.

$$V = \frac{332 \cdot 63^{0.2}}{120^{0.2} \cdot 4^{0.1} \cdot 0.24^{0.4} \cdot 55^{0.2} \cdot 12^0} = 201 \text{ м/хв}$$

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

(Коефіцієнти та показники ступеня визначаються залежно від виду обробки, матеріалу заготовки та різальної частини).

Сила різання визначається за такою формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s^y B^z}{D^q n^w} K_{mp} \quad (3.3)$$

де, Z – число зубців фрези.

n – частота обертів фрези об/хв

C_v, x, y, u, q, w – коефіцієнти та показники степеню приведені в таблиці 39 «Справочник технолога-машиностроителя Том2»

$$P_z = \frac{10 \cdot 101 \cdot 4^{0,88} \cdot 0,24^1 \cdot 55^{0,5} \cdot 12}{63^{0,87} \cdot 1600^0} \cdot 0,75 = 1481 \text{ Н}$$

Потужність при цьому визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (3.4)$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

де, P_z – Сила різання

V – Швидкість різання

$$N = \frac{1481 \cdot 201}{1020 \cdot 60} = 4,8 \text{ кВт}$$

Маючи вихідні дані для вибору нового двигуна приймаємо електродвигун моделі MP112SM.

Таблиця 3.1- Параметри електродвигуну типу MP112SM.

Тип двигуна	Номинальна	Номинальна	Максимальна	Напруга	Струм	Напруга збуджен	Струм збуджен	Момент інерції	Маса
	W	ин ⁻¹	ин ⁻¹	V	A	V	A	Kg.m ²	kg
MP112SM	.5	3000	3000	400	17.5	180	0.66	0.050	86

Для передачі крутного моменту з ротора електродвигуна на шпindelь використовуємо прямозубу циліндричну зубчасту передачу. Але для того щоб регулювати кількість обертів, потрібно буде встановити до електродвигуну частотний перетворювач, щоб можна було виставляти визначені частоти обертів. Тоді спрощена кінематична схема проектованого приводу головного руху матиме вигляд:

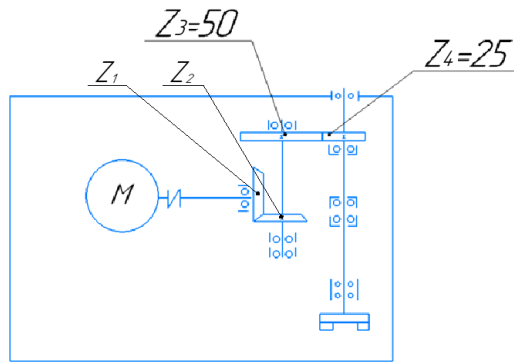


Рисунок 3.1 - Спрощена кінематична схема проектованого приводу
головного руху

На рисунку зображено кінематику проектованого приводу.

3.1 Проектування зубчатої передачі

Передачу, що використовується для передачі крутного моменту на шпиндель, приймаю з передавальним числом $U=2$, так як, діапазон частот обертання буде регулюватися за допомогою частотного перетворювача.

Приймаю:

$Z_3=50$ – кількість зубців фрези

$Z_4=25$ – кількість зубців фрези

$M=5$ мм – модуль фрези

Визначимо основні розміри коліс передачі

- Діаметр ділильної окружності

$$d_3 = \frac{m \cdot Z_{1,2}}{\cos \beta} = \frac{5 \cdot 50}{1} = 250 \text{ мм} \quad (3.1)$$

де, m – модуль фрези

Z – кількість зубців фрези

$$d_4 = \frac{m \cdot Z_{1,2}}{\cos \beta} = \frac{5 \cdot 25}{1} = 125 \text{ мм} \quad (3.2)$$

- Діаметр окружності впадини

$$d_{f3,4} = d_{1,2} - 2,5 \cdot m = 250 - 2,5 \cdot 5 = 237,5 \text{ мм} \quad (3.3)$$

$$d_{f3,4} = d_{1,2} - 2,5 \cdot m = 125 - 2,5 \cdot 5 = 112,5 \text{ мм} \quad (3.4)$$

де, $d_{1/2}$ – Діаметр ділильної окружності

m – модуль

- Діаметр окружності виступів

$$d_{a3,4} = d_{1,2} + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260 \text{ мм} \quad (3.5)$$

$$d_{a3,4} = d_{1,2} + 2 \cdot m = 125 + 2 \cdot 5 = 135 \text{ мм} \quad (3.6)$$

де, $d_{1/2}$ – Діаметр ділильної окружності

m – модуль

- Міжцентрова відстань

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{250 + 125}{2} = 187, \text{ мм} \quad (3.7)$$

де, $d_{1/2}$ – Діаметр ділильної окружності

- Ширина зубчатого вінця

$$\psi_m = \psi_{bd} \cdot Z_1 = 0,3 \cdot 50 = 15 \quad (3.8)$$

$$b_{w2} = \psi_m \cdot m = 15 \cdot 5 = 75 \text{ мм} \quad (3.9)$$

де, Z – кількість зубців

m – модуль

Приймаємо

$b_{w1} = 55 \text{ мм}$

Приймаю степінь точності передачі - 7

Приймаю матеріал зубчастої передачі ст.45 с ХТО – загартування ТВЧ,

її властивості:

$\delta_{H \lim} = 1050 \text{ Па}$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

$$\delta_{F\text{lim}} = 600 \text{ Па}$$

Передачу необхідно перевірити на відповідність згинальним і контактним напругам.

3.2 Перевірочний розрахунок фактичних згинаючих напруг

Перевірка міцності полягає у визначенні фактичних контактних та згинальних напруг і порівнянні їх з допустимими. Фактичні напруження вигину в небезпечних перерізах основи зубів шестерень визначають за формулою:

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t \cdot Y_f}{b_{w1} \cdot m} \cdot Y_\beta \cdot K_F \cdot K_{F\alpha} \quad (3.10)$$

Фактичні напруження вигину в небезпечному перерізі зуба колеса визначають за формулою:

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \cdot \frac{Y_{F2} \cdot b_{w1}}{Y_{F1} \cdot b_{w2}} \quad (3.11)$$

Величина окружного зусилля розраховується так:

$$F_{t1,2} = \frac{2 \cdot T_{2H}}{d_{1,2}} = \frac{2 \cdot 2,63 \cdot 10^6}{250} = 21,04 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.12)$$

$$T_{2H} = \frac{N \cdot 30}{3,14 \cdot n_{\text{min}}} = \frac{5,5 \cdot 30}{3,14 \cdot 20} = 2,63 \cdot 10^3 \text{ кН} \quad (3.13)$$

Приймаю до розрахунку мінімальну частоту обертання ($n_{\text{min}} = 20 \text{ об/хв}$), так як, при цьому окружна швидкість буде максимальною.

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t \cdot Y_f}{b_{w1} \cdot m} \cdot Y_\beta \cdot K_F \cdot K_{F\alpha} = \frac{21,04 \cdot 10^3 \cdot 3,73}{80 \cdot 5} \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1 = 237 \text{ МПа} \quad (3.14)$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \cdot \frac{Y_{F2} \cdot b_{w1}}{Y_{F1} \cdot b_{w2}} = 237 \cdot \frac{3,73 \cdot 80}{3,73 \cdot 75} = 221,2 \text{ МПа} \quad (3.15)$$

3.3 Перевірочний розрахунок фактичних контактних напруг

Фактичні контактні напруги на робочих поверхнях зубів визначають за формулою:

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

$$\sigma_I = 485 \cdot Z_K \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b_{w1} \cdot d_1} \cdot K_H \cdot K_{H\alpha} \cdot \frac{U+1}{U}} \quad (3.16)$$

де Z_K – коефіцієнти, залежить від числа зубів шестерні та передаточного числа, для прямозубих $Z_K = 1$;

K_H – коефіцієнт напруги, $K_H = K_{H\beta} \cdot K_{HV} = 1,05 \cdot 1,05 = 1,25$;

$K_{H\alpha} = 1$ – для прямозубих передач.

$$\sigma_I = 485 \cdot Z_K \cdot \sqrt{\frac{21,04 \cdot 10^3}{80 \cdot 250} \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot \frac{1+1}{1}} = 763 \text{ МПа} \quad (3.17)$$

Порівнюючи допустимі величини напруги з розрахованими, отримуємо:

$$\sigma_{F1} = 237 \text{ МПа} < \sigma_{F \text{ lim}} = 600 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2} = 221,2 \text{ МПа} < \sigma_{F \text{ lim}} = 600 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H1} = 763 \text{ МПа} < \sigma_{H \text{ lim}} = 1050 \text{ МПа}$$

Отже, міцність зубчастої передачі забезпечується.

3.4 Вибір та розрахунок шпонок

З відомих способів з'єднання деталей з валом найпоширеніший спосіб з'єднання – це з'єднання за допомогою різних призматичних шпонок. Розміри поперечного перерізу шпонки вибирають залежно від діаметра валу.

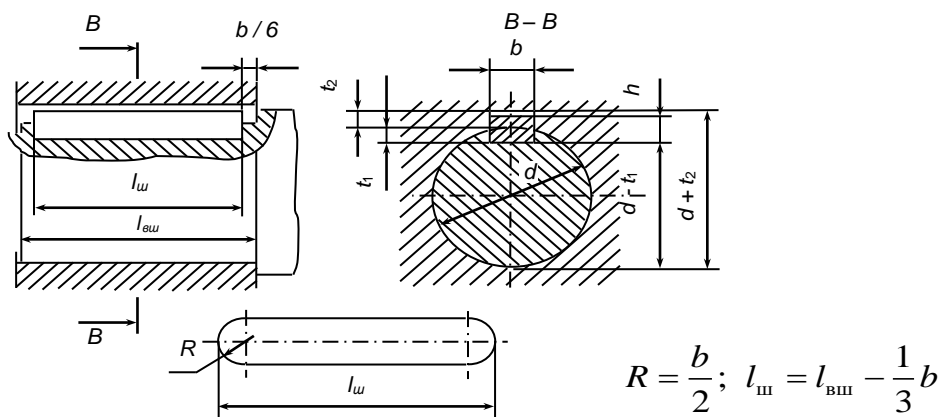


Рисунок 3.2 – Шпонкове з'єднання

Довжина шпонки l на (5...10) мм менша за довжину маточини $l_{ст}$,
робоча довжина шпонки

$$l_p = l - b$$

Ширина шпонки b визначена і дорівнює 10 мм, а $l_p=70$ мм тому що на роторі електродвигуна шпонковий паз виготовлений на заводі-виробнику. Виберемо стандартні шпонки та їх розміри наведемо у таблиці.

Таблиця 3.2 – Розміри призматичної шпонки

$d_g, мм$	$b, мм$	$h, мм$	$t_1, мм$	$t_2, мм$	$l, мм$	$l_{ст}, мм$	$l_p, мм$	$\sigma_{см}, МПа$
56	10	8,3	5	3,3	130	-	120	100

Вибрана шпонка перевіряється на сум'яття:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_p} \leq [\sigma_{см}] \quad (3.18)$$

Де:

T – момент передаючий шпонкою;

d – діаметр валу;

h – висота шпонки;

l_p – робоча довжина шпонки;

$[\sigma_{см}]$ – допустима напруга сум'яття.

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 2,63 \cdot 10^6}{56 \cdot 8,3 \cdot 120} = 90,5 \text{ МПа} \leq [\sigma_{см}] = 100 \text{ МПа}$$

Застосуємо шпонки призматичні за ГОСТ 23360-78.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

3.5 Визначення навантажень, що діють на шпindelь

Основними навантаженнями, що діють на шпindelь, є зусилля в зубчастих зачепленнях, а також моменти, що крутять. Визначимо сили, які у передачі.

Прямозуба циліндрична передача:

- Окружна сила:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 2,63 \cdot 10^6}{250} = 21,04 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.19)$$

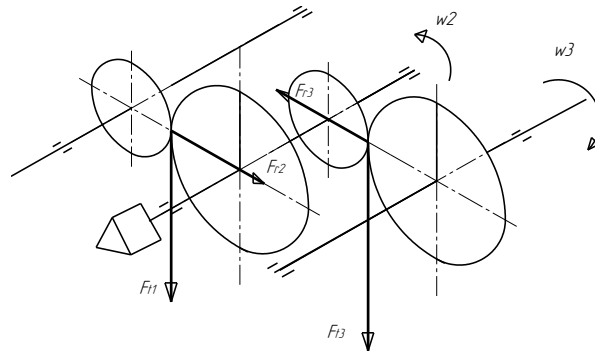


Рисунок 3.3 - Схема застосування сил до проміжного валу з боку зубчастих передач

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_2} = \frac{2 \cdot 2,63 \cdot 10^6}{3,5 \cdot 40} = 37,6 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.20)$$

- Радіальна сила

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 21,04 \cdot 10^3 \cdot \frac{\operatorname{tg} 20}{1} = 7,66 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.21)$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 37,6 \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} 20 = 13,69 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (3.22)$$

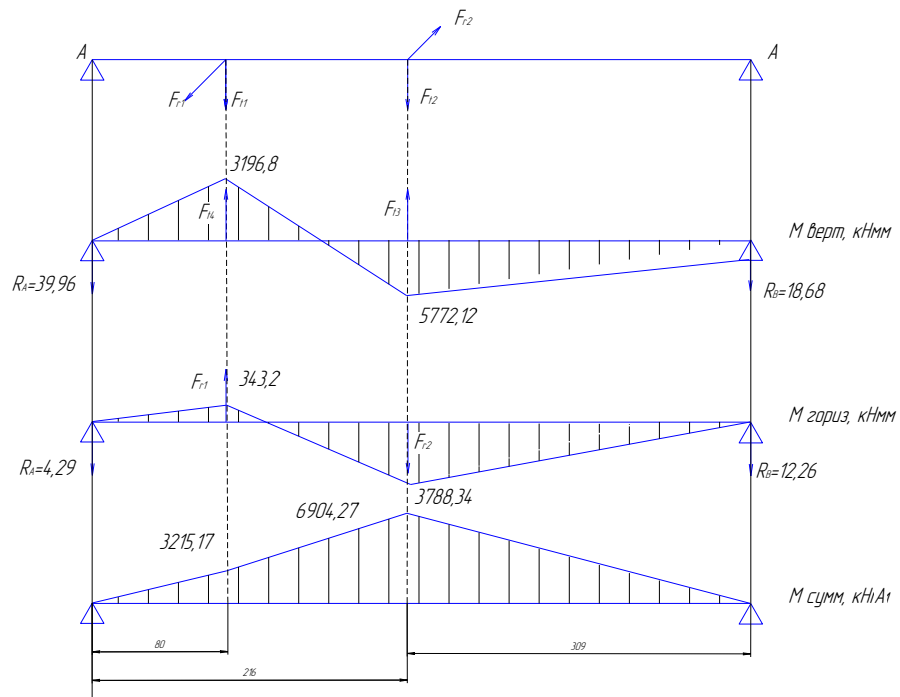


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема та епюри згинаючих моментів

Знайдемо реакції опор в вертикальній площині

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{v1} \cdot 80 + F_{v2} \cdot 216 - R_B \cdot 525 = 0$$

$$R_B = \frac{21.04 \cdot 80 + 37.6 \cdot 216}{525} = 18.68 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-F_{r1} \cdot 445 - F_{r2} \cdot 309 + R_A \cdot 525 = 0$$

$$R_A = \frac{21.04 \cdot 445 + 37.6 \cdot 309}{525} = 39.96 \text{ кН}$$

Знайдемо реакції опор в горизонтальній площині

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{r1} \cdot 80 - F_{r2} \cdot 216 - R_B \cdot 525 = 0$$

$$R_B = \frac{21.04 \cdot 80 - 37.6 \cdot 216}{525} = -12.26 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{r1} \cdot 445 - F_{r2} \cdot 309 + R_A \cdot 525 = 0$$

$$R_A = \frac{37.6 \cdot 309 - 21.04 \cdot 445}{525} = 4.29 \text{ кН}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Сумарні моменти:

$$M_{\text{ле}\Sigma} = \sqrt{3196,8^2 + 343,2^2} = 3215,17 \text{ кН}$$

$$M_{\Sigma \text{ np}} = \sqrt{5772,12^2 + 3788,34^2} = 6904,27 \text{ кН}$$

$$R_{A\Sigma} = \sqrt{39,96^2 + 4,29^2} = 40,19 \text{ кН}$$

$$R_{B\Sigma} = \sqrt{18,68^2 + 12,26^2} = 22,34 \text{ кН}$$

3.6 Приблизний розрахунок шпинделя

Перший небезпечно перетин прийнято під шестірнею, оскільки концентратор напруги – шпонковий паз. Другий небезпечний переріз прийнято на галтельному переході до буртика від посадкової ділянки під колесом, концентратор напруги – галтель.

$$W_{1\text{нетто}} = 2W_{1\text{кнетто}} = 191540 \text{ мм}^3$$

$$W_{2\text{нетто}} = 2W_{2\text{кнетто}} = 213324 \text{ мм}^3$$

$$W_{1\text{кнетто}} = \frac{\pi \cdot (d_n^3 - d_{вн}^3)}{16} = \frac{\pi \cdot (100^3 - 38^3)}{16} = 95770 \text{ мм}^3$$

$$W_{2\text{кнетто}} = \frac{\pi \cdot (d_n^3 - d_{вн}^3)}{16} = \frac{\pi \cdot (105^3 - 41^3)}{16} = 106662 \text{ мм}^3$$

Еквівалентні напруги:

$$\sigma_{\text{экв}1} = \frac{M_{\Sigma 1}}{W_{1\text{нетто}}} = \frac{6256300}{191540} = 32,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{экв}2} = \frac{M_{\Sigma 2}}{W_{2\text{нетто}}} = \frac{6904270}{213324} = 32,4 \text{ МПа}$$

Напруги для матеріалу вала – сталі 40Х

$$\sigma_{-1} = 470 \text{ МПа}, \varepsilon_{\sigma} = 0,68, [S] = 1,75, K_{\sigma 1} = 2, K_{\sigma 2} = 2$$

$$[\sigma_{-1}]_{\text{и}1} = \frac{\sigma_{-1} \cdot \varepsilon_{\sigma}}{[S] \cdot K_{\sigma 1}} = \frac{310 \cdot 0,68}{1,75 \cdot 2} = 54,03 \text{ МПа} > \sigma_{\text{экв}1}$$

$$[\sigma_{-1}]_{\text{и}2} = \frac{\sigma_{-1} \cdot \varepsilon_{\sigma}}{[S] \cdot K_{\sigma 2}} = \frac{310 \cdot 0,68}{1,75 \cdot 2} = 49,12 \text{ МПа} > \sigma_{\text{экв}2}$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Так як умови виконуються, то можна вважати, що міцність валу достатня.

3.7 Перевірочний розрахунок шпинделя на втомлений опір

Матеріал валу – сталь 40Х.

$$\sigma_{-1} = 470 \text{ МПа}, \tau_{-1} = 280 \text{ МПа}, \varepsilon_{\tau} = 0,68, \beta = 1$$

$$\sigma_m = 0, \psi_{\tau} = 0.05, K_{\sigma 1} = 2, K_{\sigma 2} = 2, K_{\tau 1} = 1.5, K_{\tau 2} = 1.9$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{T}{W_{\text{кнетто}}}$$

$$\tau_{a1} = \tau_{m1} = \frac{2630000}{95770} = 27.46 \text{ МПа}$$

$$\tau_{a2} = \tau_{m2} = \frac{2630000}{106662} = 10,3 \text{ МПа}$$

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{(K_{\sigma})_{\alpha} \sigma_a}{\beta \varepsilon_{\sigma}} + \sigma_m \psi_{\sigma}}$$

$$S_{\sigma 1} = \frac{470}{\frac{2 \cdot 32.7}{1 \cdot 0,68} + 0} = 4.89$$

$$S_{\sigma 2} = \frac{470}{\frac{2 \cdot 32.4}{1 \cdot 0,68} + 0} = 4.93$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{(K_{\tau})_{\alpha} \tau_a}{\beta \varepsilon_{\tau}} + \tau_m \psi_{\tau}}$$

$$S_{\tau 1} = \frac{280}{\frac{1,5 \cdot 27.46}{1 \cdot 0,61} + 0} = 4.62$$

$$S_{\tau 2} = \frac{280}{\frac{1,9 \cdot 24.66}{1 \cdot 0,68} + 0} = 4.06$$

Повні коефіцієнти запасу опору втомлення:

										Арк.
										38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ВІ 20510127 – 00 ПЗ					

$$S_I = \frac{S_{\sigma I} S_{\tau I}}{\sqrt{S_{\sigma I}^2 + S_{\tau I}^2}} = \frac{4.89 \cdot 4.62}{\sqrt{4.89^2 + 4.62^2}} = 3.36.$$

$$S_{II} = \frac{S_{\sigma II} S_{\tau II}}{\sqrt{S_{\sigma II}^2 + S_{\tau II}^2}} = \frac{4.93 \cdot 4.06}{\sqrt{4.93^2 + 4.06^2}} = 3.13.$$

3.8 Проектування вузлів підшипників кочення

3.8.1 Вибір підшипників кочення

При виборі підшипників кочення виходять із конкретних умов експлуатації редуктора.

Для валу 1 приймаємо: шарикопідшипник радіально-упорний - 310, підшипник роликовий радіально-упорний - 7310.

Для валу 2 приймаємо підшипники роликові радіально-упорні - 7317.

Для валу 3 приймаємо підшипники роликові радіально-упорні - 7230.

Для валу 4 приймаємо кулькові підшипники радіальні – 228.

Таблиця 3.3 - Характеристика підшипників

Позначення підшипника	$d, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$B, \text{мм}$	C, H
3182120 А	100	150	37	132000
46117В	85	130	22	44300
8117В	85	110	19	

3.8.2 Розрахунок підшипників кочення

Для обраних підшипників кочення визначимо за каталогом величину динамічної вантажопідйомності, а також користуючись ескізом навантаження опор валу визначимо довговічність найбільш навантаженого підшипника.

$$R_A = \sqrt{39,96^2 + 4,29^2} = 40,19$$

$$R_B = \sqrt{18,68^2 + 12,26^2} = 22,34$$

Визначимо наведене навантаження на підшипниках:

$$P = (V \cdot F_r \cdot x + F_a \cdot y) \cdot k_\sigma \cdot k_\tau \quad (3.23)$$

Де:

F_r – радіальна напруга на підшипники;

x, y – коефіцієнт приводу, $x = 1; y = 0$;

V – коефіцієнт кільця, $V = 1$;

k_σ – коефіцієнт безпеки, $k_\sigma = 1$;

k_τ – температурний коефіцієнт, $k_\tau = 1$.

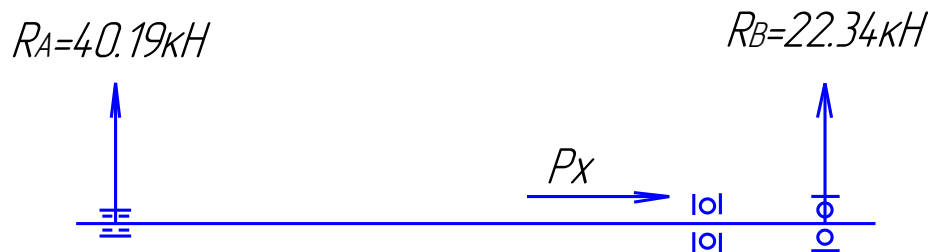


Рисунок 3.4 – Схема навантаження опор валу силами

$$P_x = 0.3P_z = 0.3 \cdot 1287.5 = 386.25H$$

Визначимо наведене навантаження, що діє на кожен із підшипників:

$$P_A = (1 \cdot 1 \cdot 40,19 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 40,19 \text{ кН}$$

$$P_B = (1 \cdot 1 \cdot 22,34 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 22,34 \text{ кН}$$

$$P_C = (1 \cdot 1 \cdot 0,39 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 0,39 \text{ кН}$$

Розраховуємо довговічність більш напруженого підшипника:

$$L_h = \left(\frac{c}{P}\right)^\rho \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{132000}{40190}\right)^\rho \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 20} = 43714 \quad (3.24)$$

Де:

P – динамічна еквівалентна напруга;

n – частота обертів кільця;

L_h – довговічність;

ρ – величина, залежна від форми кривої втоми $\rho = 3,33$.

Оскільки фактична довговічність підшипника перевищує раніше розраховане значення 43200 годин, цей підшипник підходить для роботи на вихідному валу.

Мастило підшипників вибираємо масло індустріальне 40А ГОСТ 21150-75 (розбризуванням з ванни редуктора).

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

3.9 Розрахунок прогину на кінці шпинделя

```
D:\DOCUME~1\HOME\0016~1\SHPIND~1.EXE
Nsx=4
Введіть силу Pz=1287.5
Введіть силу Py=579.6
Введіть окружне усилие Po=21040
Введіть діаметр шпинделя між опорами Dm=95
Введіть діаметр отвору в шпинделі Dot=41
Введіть діаметр кінця шпинделя Dk=100
Epr=200000
A=485
B=40
C=100
S=0
Gm=3.14
FR1=-19699.73
FR2=-2032.29
y=0.02308275
Teta=0.00000000
```

Використовуючи програму для розрахунку "SHPIND-1", отримано значення прогину, яке становить $y=0.023$ мм. Допустиме значення прогину визначається як

$$[y] = 0.001 \cdot L = 0.001 \cdot 720 = 0.72 \text{ мм}$$

Оскільки умова $y \leq [y]$ виконується, можна вважати що жорсткість шпинделя забезпечена.

3.10 Розрахунок динамічних характеристик приводу

Завдання розрахунку. Привід подачі верстата при обробці деталі навантажений моментом, що крутить, який внаслідок особливостей кінематики процесу різання, змінності припуску на деталі і фізико-механічних властивостей її матеріалу змінюється в часі. В результаті в ньому виникають крутильні коливання, що зумовлюють динамічні навантаження, поява згинальних коливань, зниження продуктивності обробки, зменшення довговічності верстата, а в деяких випадках і втрати стійкості його динамічної системи. З метою забезпечення необхідної якості верстата динамічні

характеристики приводу розраховують при його проектуванні та коригують конструкцію.

Упорядкування розрахункової схеми приводу. Уявімо, що конструкція приводу розроблена відповідно до кінематичної схеми. Необхідно зробити його динамічний розрахунок та аналіз.

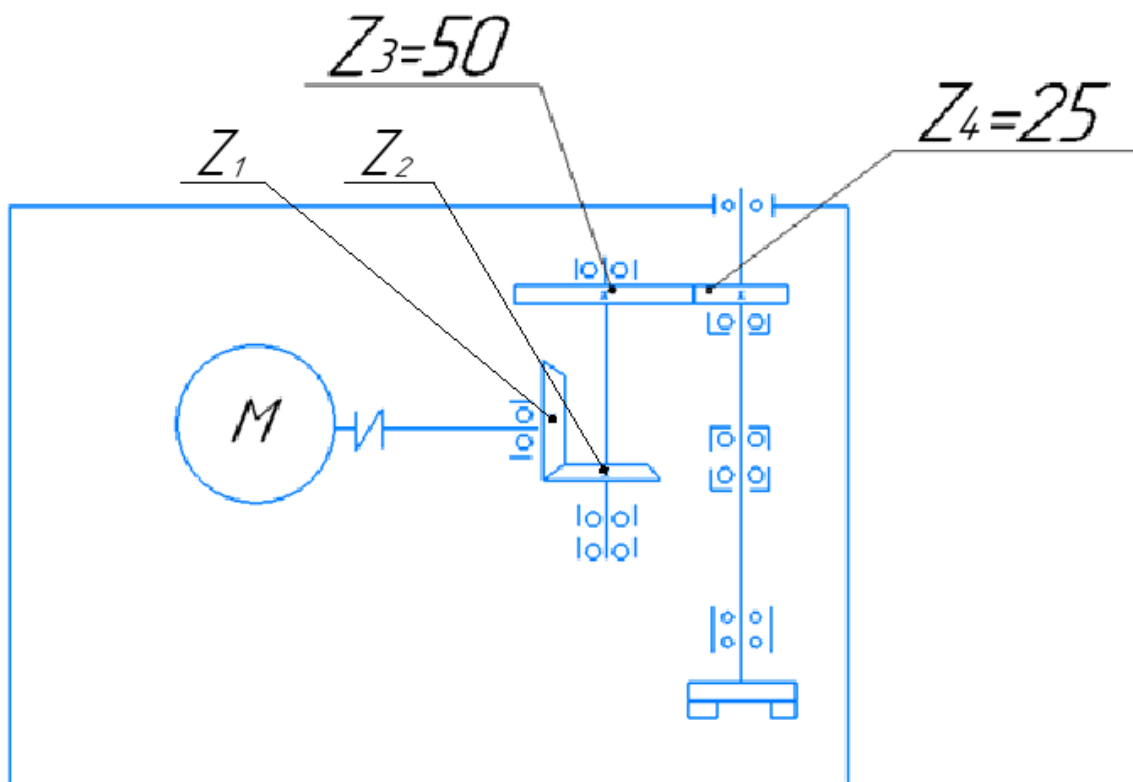


Рисунок 3.5 – Кінематична схема приводу головного руху для динамічного розрахунку

Визначаємо моменти інерції всіх елементів приводу, що обертаються.

Момент інерції (кг·м²) деталі, що є суцільним тілом обертання, визначається за залежністю

$$I = \frac{\pi \cdot \rho \cdot d^4 \cdot l}{32} \quad (3.25)$$

Де ρ - щільність матеріалу деталі, кг/м³; d та l – діаметр та довжина деталі, м.

Деталі довжиною до 1,5-2 їх діаметра приймають як зосереджені маси. У даній конструкції це ротор електродвигуна, блоки зубчастих коліс, муфти. Вали є розподіленими масами. При довжині валу до 300 мм до моментів інерції зосереджених мас, що знаходяться на ньому, приєднують третину моменту інерції валу. Моменти інерції муфт розраховуємо як зубчастих коліс:

$$I = \frac{\pi \cdot \rho}{8} \cdot D^4 \cdot (1 - d/D^2) \cdot (1 + d/D + d/D^2) \cdot h \quad (3.26)$$

де d, D - радіус вершин і радіус западин зубчастого колеса;

h – ширина маточини або зубчастого вінця.

Усі обчислені моменти інерції заносимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Моменти інерції елементів приводу головного руху.

Назва елемента	Момент інерції елемента I , кг·м ²
Патрон	0,572
Зубчасте колеса (шпиндель, $z=50$)	0,245
Зубчасте колеса (шпиндель, $z=40$)	0,0145
Вал 4-1(шпиндель)	0,019
Вал 4-2(шпиндель)	0,024
Зубчасте колеса (проміж. вал, $z=50$)	0,230
Муфта KSS22	0.0014
Вал проміжний 7-1	0,0007
Вал проміжний 7-2	0,006
Ротор	0,0125
Двигун MP112	0,05

Знаходимо крутну податливість елементів приводів. Зубчасті муфти та муфти фрикційної дії не враховуються. Крутильна податливість для суцільних валів:

$$e = \frac{32 \cdot l}{\pi \cdot G \cdot D^4} \quad (3.27)$$

де G – модуль пружності другого роду ($8 \cdot 10^{10}$ МПа), D – діаметр валу.

Крутильну податливість для шліцевих валів:

$$e = \frac{32 \cdot l}{\pi \cdot G \cdot d^4}$$

де d – внутрішній діаметр шліців;

l – розрахункова довжина, шляхом використання якої враховується нерівномірність розподілу крутного моменту вздовж маточини зубчастого колеса, насадженого на шліцевий вал із зазором:

$$l = l_0 + 0,3 \cdot (l_1 + l_2)$$

З натягом:

$$l = l_0 + 0,25 \cdot (l_1 + l_2)$$

Крутильна податливість зубчастої передачі обумовлюється не тільки вигином та контактною деформацією її зубів, але й додатковим поворотом коліс, що є наслідком деформації опор та вигину валів. Складає крутильної податливості пари зубчастих коліс, обумовлена згинальною та контактною деформацією їх зубців,

$$e_{з.к.}' = \frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot k}{b \cdot d^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

де k - Коефіцієнт, для прямозубих коліс рівний 6, для косозубих - 3,6;

α - кут зачеплення передачі,

b – ширина зубчастого вінця,

d – дільний діаметр.

Деформація опори валу складається з пружної деформації підшипника кочення до деформації стиків між поверхнями внутрішнього кільця підшипника та валу, а також зовнішнього кільця та отвори в корпусі.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Деформація роликового підшипника (м):

$$\Delta_n = \frac{10^{-6} \cdot k \cdot P}{d}$$

де d - Внутрішній діаметр підшипника, м;

P - навантаження на опору,

H ; k - коефіцієнт: для роликового підшипника нормальної серії $k = 0,52$, для підшипника широкої серії $k = 0,33$, для підшипника з короткими роликами $k = 0,65$, для дворядного роликпідшипника $k = 0,4$; для підшипників з попереднім натягом значення слід зменшити в 2 рази.

Сумарна деформація стиків між поверхнями кілець підшипника, вала та корпусу:

$$\Delta_c = \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot k}{\pi \cdot d \cdot b} \cdot (1 + d/D)$$

де b , D - ширина та зовнішній діаметр підшипника, м. Вектор переміщення k -го зубчастого колеса, обумовленого деформацією опор валу,

$$\Delta_k = \Delta_n + \Delta_c$$

Переміщення δ_k та δ_{k+1} обумовлені сумарними прогинами y_k та y_{k+1} валів у перерізах, де розташовані зубчасті колеса:

$$\delta_k = y_k + \Delta_k, \delta_{k+1} = y_{k+1} + \Delta_{k+1}$$

де Δ_k та Δ_{k+1} переміщення зубчастих коліс передачі, спричинені деформаціями опор валів. Вектор відносного переміщення зубчастих коліс передачі:

$$\delta = \delta_k - \delta_{k+1}$$

Крутильна податливість зубчастої передачі (рад/Н·м), спричинена вигином валів та деформацією опор та приведена до k - того колеса:

$$e_{з.к.}'' = \frac{\Psi_k}{M_k} = \frac{4 \cdot \delta^i + 4 \cdot \delta^r \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{d^2 \cdot F_t}$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де Ψ_k – кут повороту зубчастих коліс передачі, M – крутний момент Нм, δt та δr – тангенціальна та радіальна складові відносного переміщення пари зубчастих коліс.

Всі розраховані крутні податливості заносимо в таблицю 3.5

Таблиця 3.5 - Крутильна податливість елементів приводу.

Назва елемента	Крутильна податливість, рад/Нм
Шпиндель	0,0078
Вал проміжний	0,0474
Ротор	0,0486
Шліцеве з'єднання(шпиндель)	$0,3 \cdot 10^{-6}$
Шліцеве з'єднання (проміж. вал, під колесом)	$0,31 \cdot 10^{-6}$
Шліцеве з'єднання (проміж. вал, під муфтой)	$0,98 \cdot 10^{-5}$
Зубчаста передача 50/50($L_{ЭК}$)	$0,16 \cdot 10^{-9}$
Підшипник 310(правый)	$39,3 \cdot 10^{-6} + 76304 \cdot 10^{-6}$
Підшипник 310(левый)	$87,3 \cdot 10^{-6} + 253018 \cdot 10^{-6}$
Підшипник 36110	$91 \cdot 10^{-6} + 251691 \cdot 10^{-6}$
Підшипник 3182112	$31 \cdot 10^{-6} + 230619 \cdot 10^{-6}$

Багатоступінчасту розрахункову схему замінюють лінійною. При цьому моменти інерції мас, що обертаються, податливості призводять до одного валу, зазвичай до валу електродвигуна:

$$I_{np} = I_I \cdot i_k^2, e_{np} = \frac{e_k}{i_k^2}$$

де k - передатне відношення передач від валу I до валу з номером $k+1$)

Число ступенів свободи та частот своїх коливань системи дорівнює числу наявних у ній інерційних елементів.

$$I_{np} = 1.0707 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, e_{np} = 0.1254 \text{ рад} / \text{Нм}$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Якщо частота впливів, що обурюють, не більше максимальної частоти обертання елементів приводу, вищими власними частотами коливань системи можна знехтувати і спростити її, звівши до двомасової, що має дві або три власні частоти.

Методика цього перетворення така. Систему з n ступенями свободи розбивають $m=2x(n-1)$ на парціальних систем, серед яких виділяють системи першого типу з номерами 1, рівними 1,3,5,..., $m - 1$, і другого типу з номерами 2,4,6,..., m . Квадрати власних частот парціальних систем першого типу:

$$\omega_l^2 = \frac{e_l + e_{l+1}}{e_l \cdot e_{l+1} \cdot I_l}$$

Другого типу:

$$\omega_l^2 = \frac{I_l + I_{l+1}}{I_l \cdot I_{l+1} \cdot e_l} = \frac{1.0707 + 0.0535}{(0.1254 + 0.0486) \cdot 1.0707 \cdot 0.0535} = 113, \text{ 1/рад.}$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

3.11 Визначення системи мастила

Індивідуальна схема служить для підведення мастильного матеріалу до однієї мастильної точки, централізована до кількох точок.

У нероздільній схемі нагнітальний пристрій приєднано до мастильної точки постійно, в роздільній він підключається тільки на час подачі мастильного матеріалу.

У проточній системі рідкий чи пластичний матеріал використовується один раз. У циркуляційній системі рідкий матеріал подається повторно.

У системах дросельного дозування обсяг мастильного матеріалу, що подається до мастильної точки регулюється дроселем.

У системах об'ємного дозування можуть регулюватися як доза, а й частота подачі. У комбінованих системах можуть бути передбачені об'ємне та дросельне регулювання одно та двоматеріальні живильники. Системи з рідким мастильним матеріалом в залежності від способу його подачі до поверхонь тертя можуть бути розбризкувальними, струминними, краплинними, аерозольними.

Для модернізованого вузла вибираю місцеве імпульсно-циркуляційне мастило контактуючих поверхонь, а для підшипників - місцеве мастило пластичним матеріалом типу "солідол" один раз протягом 4 місяців експлуатації.

3.12 Висновок

Виходячи с модернізації верстату , ми маємо. Максимальна частота обертання шпинделю до модернізації була 1600 об\хв, після проведених розрахунків та підбору електродвигуну ми маємо максимальну частоту обертів, 6000 об\хв. Креслення коробки швидкостей наведено в Додатку Б

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА ВЕРСТАТА

4.1 Опис зубчастого колеса верстату

Зубчасте колесо встановлюється в коробці передачі і служить передачі обертаючого моменту. Зубчастий вінець колеса зазнає великих навантажень, що призводять до зношування, фарбування зубів. Креслення деталі наведено в Додатку В

Деталь має зручні базові поверхні, що дозволяє на всіх операціях використовувати стандартні пристрої.

Конструктивно деталь вважаємо технологічною. Зубчасте колесо виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-88

Основним конструктивним елементом зубчастого колеса є його зубці.

4.2 Розробка опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Складаємо маршрутну технологію обробки деталі:

005 Заготівельна

010 Токарна

На даній операції проводяться такі дії:

Установ А

1. Розточити отвір $\varnothing 51$ мм до $\varnothing 55,5$ мм.
2. Підрізати торець з $\varnothing 124$ мм до $\varnothing 55,5$ мм, $t=3$ мм.
3. Підрізати торець з $\varnothing 280$ мм до $\varnothing 225$ мм, $t=3$ мм
4. Підрізати торець з $\varnothing 225$ мм до $\varnothing 124$ мм на глибину $L=10$ мм, $t=1,6$ мм
5. Зняти фаску $12 \times 45^\circ$ на $\varnothing 280$ мм.

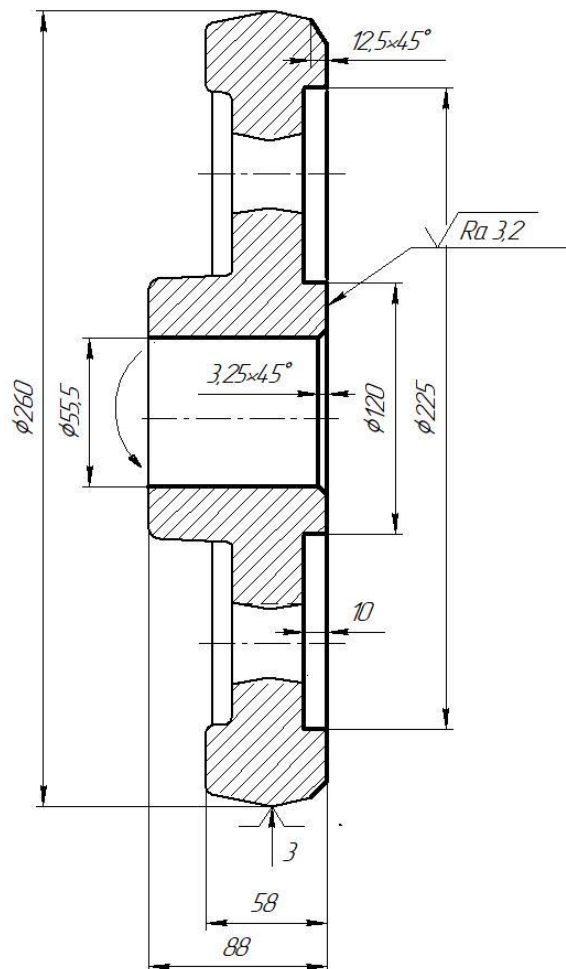
					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

6. Зняти фаску 3,25x45° на Ø55,5 мм.

Установ Б

1. Підрізати торець з Ø124 мм до Ø55,5 мм, t=3мм.
2. Підрізати торець з Ø280 мм, до Ø225 мм, t=3мм.
3. Обточити торець з Ø124 мм до Ø120 мм на довжині l=40мм.
4. Підрізати торець з Ø225 мм до Ø120 мм на глибину L=10мм, t=1,6 мм.
5. Обточити торець з Ø280 мм до Ø260 мм на довжину l=55 мм.
6. Зняти фаску 5x45° на Ø260 мм.
7. Зняти фаску 5x45° на Ø120 мм.
8. Зняти фаску 3,25x45° на Ø55,5 мм.

Установ А



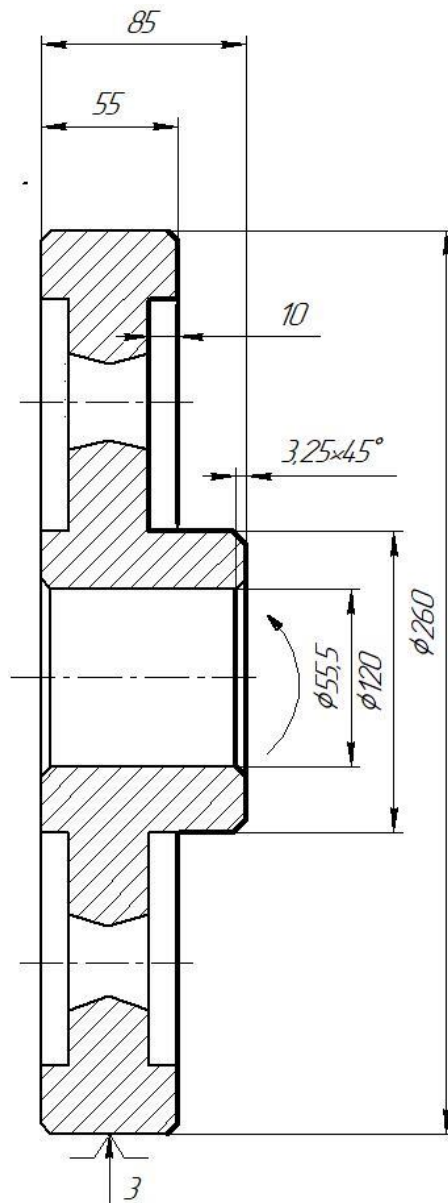
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

51

Установ Б



Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

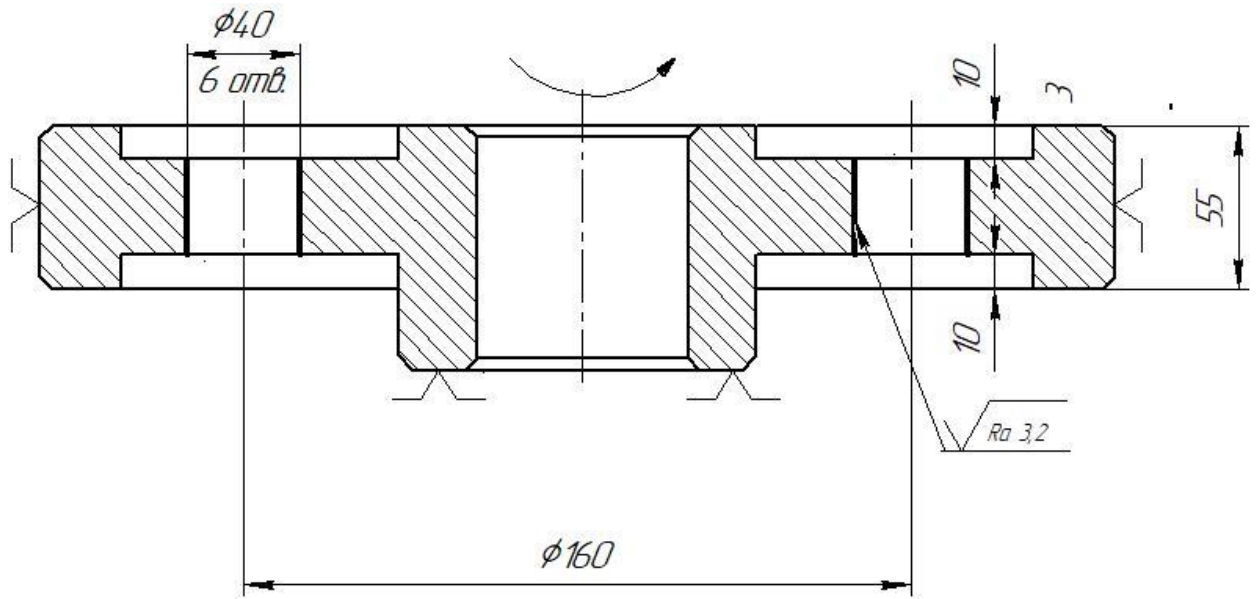
ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

52

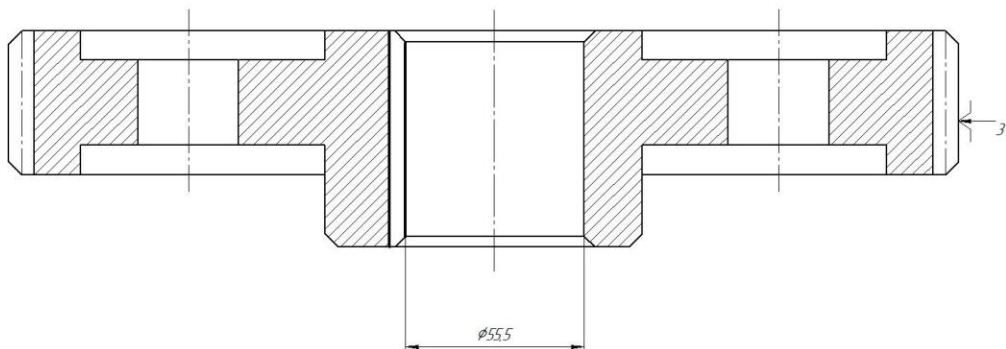
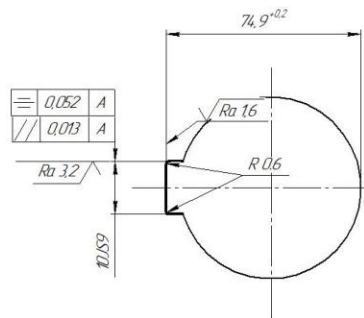
015 Свердлильна

1. Розсвердлити 6 отворів з $\varnothing 34$ мм до $\varnothing 40$ мм на довжину $l=35$ мм



020 Протяжна

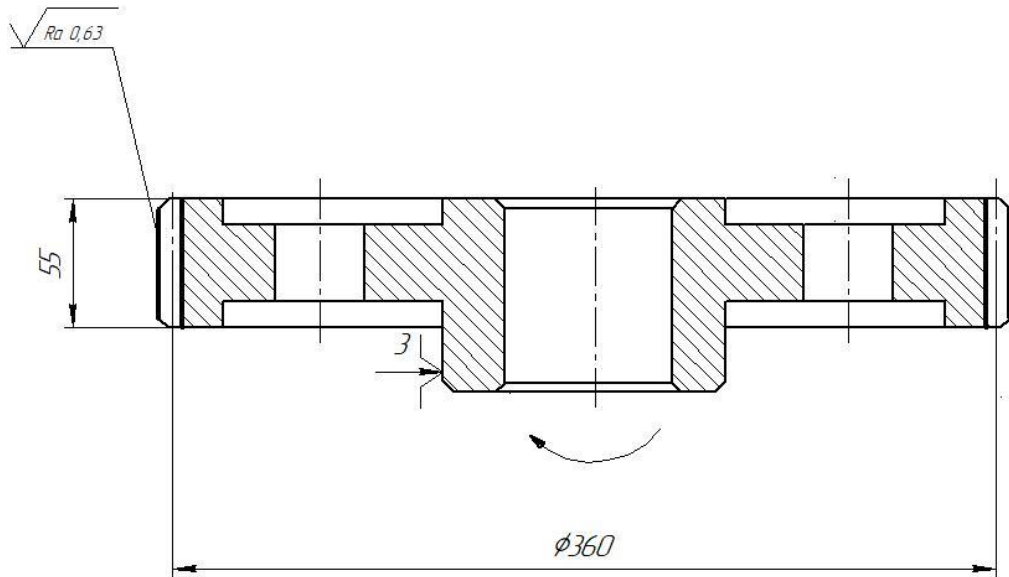
1. Простягнути шпонковий паз в отворі $\varnothing 55,5$ мм , шириною $b=10$ мм, довжиною $l=85$ мм, глибиною $t=4,9$ мм.



									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ВІ 20510127 – 00 ПЗ				

025 Зубофрезерна

1. Фрезувати зубці на $\varnothing 260$ мм, $m=5$, $z=50$, $b=55$, $\beta = 14^{\circ}22'$.



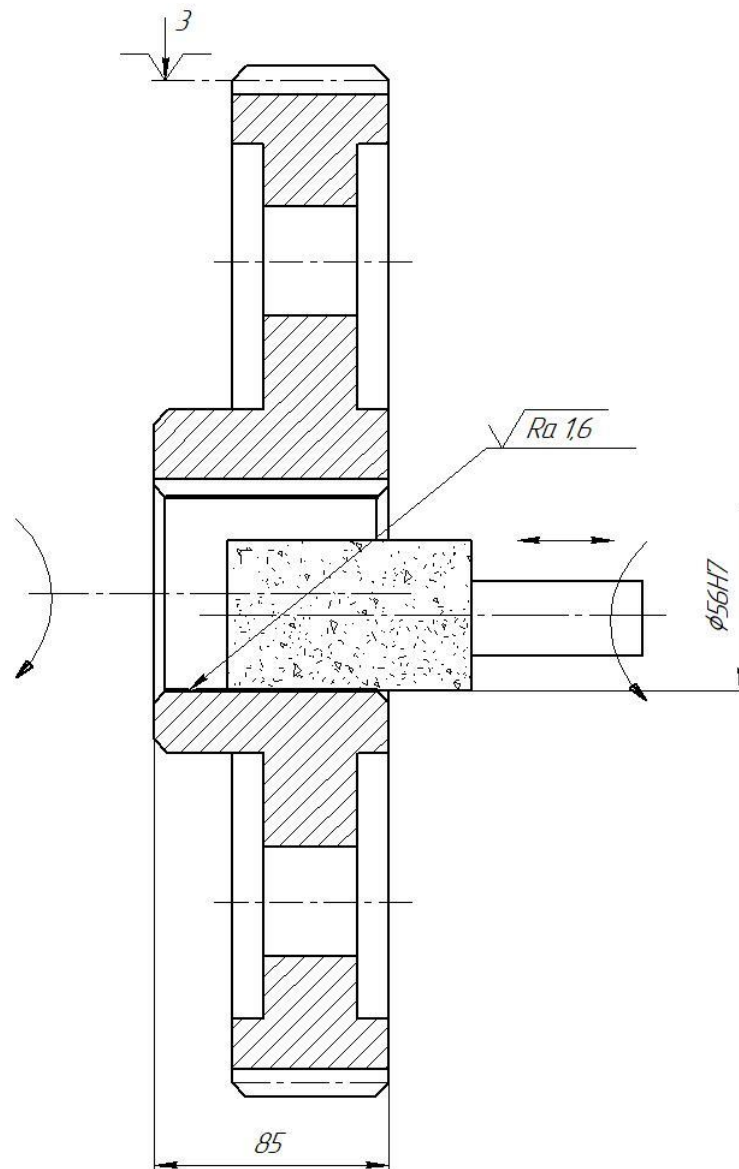
030 Термообробка

1. Загартування ТВЧ зубів на глибину 1,4...1,7 мм до 45...48 HRC

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

035 Шліфувальна

1. Шліфувати отвір $\varnothing 55,5$ мм до $\varnothing 56$ H7 мм, на довжині $l=85$ мм



040 Контроль

Контролювати всі розміри виконані на деталі

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

4.2.1 Підбір верстатів

010 Токарна

Токарний багаторізцевий копіювальний напівавтомат, 1Н713.

015 Свердлильна

Вертикально свердлильний верстат 2Н150

020 Протяжна

Вертикальний протяжний напівавтомат 7Б64

025 Зубофрезерна

Зубофрезерний напівавтомат 53А80

030 Термообробка

Індукційна піч

035 Шліфувальна

Внутрішньо-шліфувальний верстат 3А228В

4.2.2 Підбір ріжучого інструменту

010 Токарна

Різець прохідний PCLNR2020K12 T15K6 ГОСТ 3882-74.

Різець розточний PCLNR2020K12 BK8 ГОСТ 3882-74

015 Свердлильна

Спиральне свердло Ø40

020 Протяжна

Протяжка шпонкова шириною 6мм, довжиною 95мм, JS9 T15K6

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

025 Зубофрезерна

Трьохзахідна черв'ячна фреза $m=5$, $z=50$,

035 Внутрішньо-шліфувальна

Шліфголівка – ПП14Ф20НС17К1А Ø30

4.2.3 Підбір вимірювального інструменту

010 Токарна

Штангенциркуль ШЦ-II-300-0,1 ГОСТ 166-89.

015 Свердлильна

Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,1 ГОСТ 166-89.

020 Протяжна

Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,1 ГОСТ 166-89.

025 Зубофрезерна

Універсальний зубомір

035 Внутрішньо-шліфувальна

Калібр пробка Ø56H7

4.2.4 Обладнання

010 Токарна

Трьохкулачковий самоцентруючий патрон ГОСТ 2675-80 300 мм

015 Свердлильна

Лещата

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

020 Протяжна

Трьохкулачковий самоцентруючий патрон ГОСТ 2675-80 150 мм

025 Зубоферзерна

Трьохкулачковий самоцентруючий патрон ГОСТ 2675-80 200 мм

035 Внутрішньо-шліфувальна

Трьохкулачковий самоцентруючий патрон ГОСТ 2675-80 150 мм

4.3 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі

Проведемо розробку операційного технологічного процесу обробки деталі для двох операцій(розробимо операційні ескізи, підберемо різальний інструмент , вимірювальний інструмент, назначимо режими різання для різального інструменту).

Операційний технологічний процес виконуємо для операцій 015 та 025
Зубофрезерну

Операція 015 – Свердлильна

Обробка на операції відбувається на вертикально свердлильному верстаті 2Н150 . Технічні характеристика даного верстату повністю задовольняє умови обробки деталі.

На операції виконується свердління 6 отворів $\varnothing 40_{h12}$ мм на глибину 35 мм.

Операційний ескіз на операцію показано на рис 4.1

Деталь закріплюється в трьохкулачковому самоцентруючому патроні ГОСТ 2675-80 150мм.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

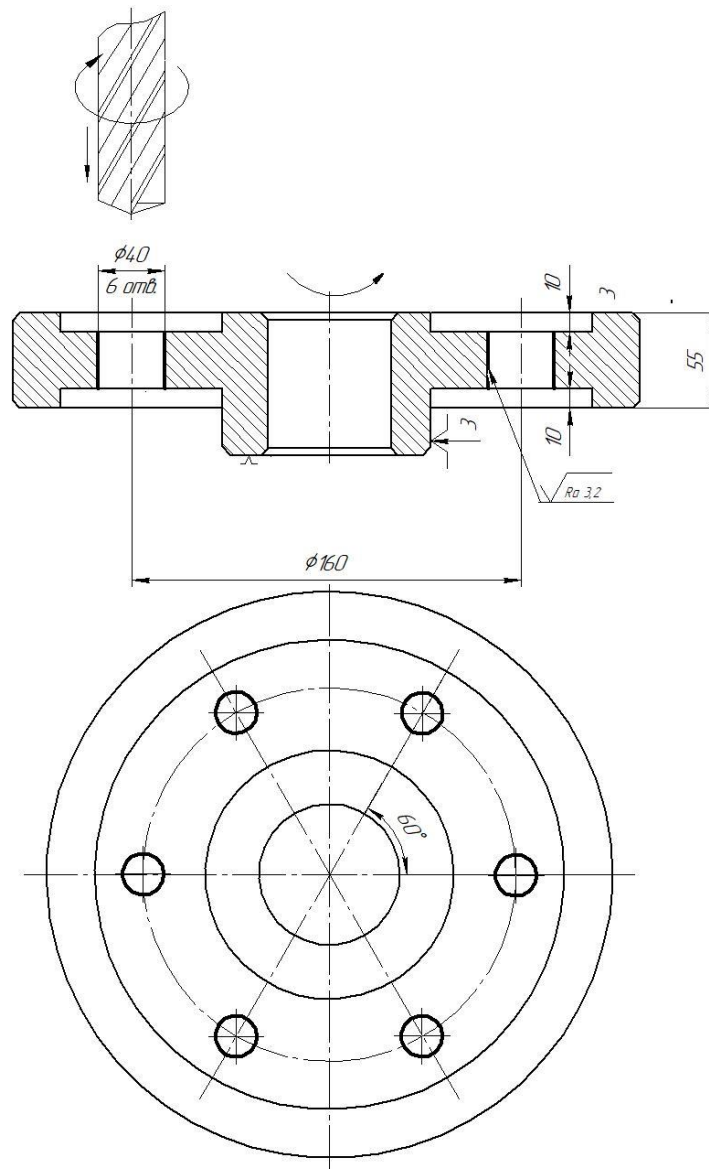
Різальний інструмент:

- Спиральне свердло $\varnothing 40\text{мм}$ P18 ГОСТ 10902-77

Для контролю отриманих на операції розмірів використовуємо Штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 ГОСТ 166-89

Режими різання на операції:

- Для свердла швидкість різання $V=55,39 \text{ м}\backslash\text{хв}$, подача $S=1\text{мм}\backslash\text{об}$, глибина різання $t=20\text{мм}$, частота обертання шпинделя при такій швидкості різання $n=441\text{об}\backslash\text{хв}$, кількість проходів на операції становить – 6



					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

Рисунок 4.1 – Операційний ескіз на операцію 010 свердлильна

Операція 025 – Зубофрезерна

Обробка на операції відбувається на зубофрезерному верстаті 53А80. Технічні характеристики даного верстату повністю задовольняє умови обробки деталі.

На операції виконується фрезерування зубів колеса Операційний ескіз на операцію показано на рис 4.2

Деталь закріплюється в трьохкулачковому самоцентруючому патроні ГОСТ 2675-80 200мм.

Різальний інструмент:

- Трьохзахідна черв'ячна фреза $m=5$, $z=50$

Для контролю отриманих на операції розмірів використовуємо, універсальний зубомір

Режими різання на операції:

- Для свердла швидкість різання $V=44$ м\хв, подача $S=2$ мм\об, частота обертання шпинделя при такій швидкості різання $n=800$ об\хв, кількість проходів на операції становить –6, модуль $m=5$, $z=50$ на діаметрі 260 мм.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

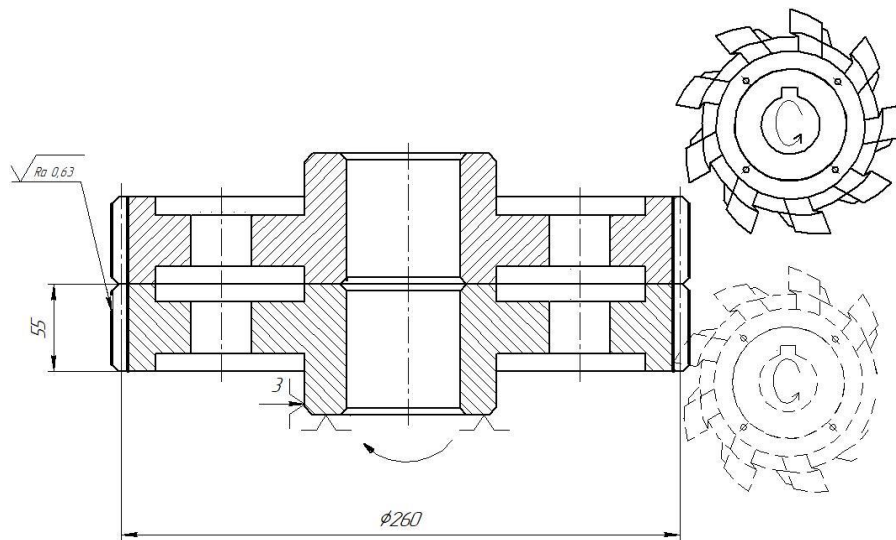


Рисунок 4.2 - Операційний ескіз на операцію 020 зубофрезерна

Технологічна документація для обробки деталі наведена в Додатку Д

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

6 ВЕРСТАНИЙ ПРИСТРІЙ

6.1 Уточнення мети проектування. Аналіз вихідних даних

Спроекуємо верстатний пристрій для базування та закріплення на операції зубофрезерній.

На даній операції виконують фрезерування зубців , зубчастого колеса, дотримуючись розмірів $b=55\text{мм}$, $m=5$, $z=50$.

Обробка заготовки здійснюватиметься з використанням зубофрезерного верстату 53А80 характеристика якого наведена в таблиці 6.1

Також використовуємо ріжучий інструмент як , трьохзахідна черв'ячна фреза $D=100\text{мм}$, $z=50$, ГОСТ 9324, $l=140$ мм, $m=6$, матеріал ріжучого інструменту сталь Р6М5.

Таблиця 6.1 – Характеристика верстату 53А80

Відстань між осями столу та фрези	80-500мм
Відстань від площини столу до осі фрези	195-595мм
Діаметр столу	630мм
Максимальний модуль нарізних зубців	10 мм
Максимальний діаметр нарізних коліс	800 мм
Максимальне вертикальне переміщення супорту	400 мм
Частота обертів фрезерного шпинделю	40-405 об\хв
Габарити верстату довжина-ширина-висота	2897x1810x2250мм
Маса верстату	11150кг

6.2 Аналіз схеми базування заготовки

Вибір базових поверхонь заготовки. Як технологічну базу що забезпечуватиме стійке положення заготовки, можна використати торцеву поверхню 185, яка є достатньо розвинутою (може бути використана як установча база).

Як технологічну мазу також вибираємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 120$, оскільки вона має просту циліндричну форму та є попередньо обробленою з достатньо високою точністю.

Під час базування пропонується встановити заготовку в трикулачковому самоцентруючому токарному патроні, дів рисунок 6.1

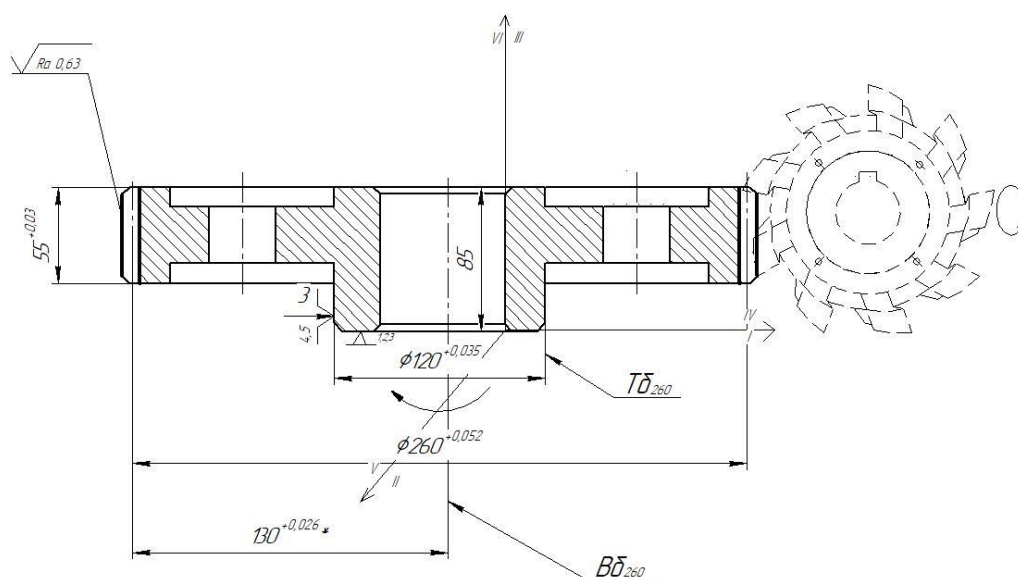


Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки

При закріпленні на циліндрі $\varnothing 120$, формується подвійно опорна паза, та на торці 185 установча база (таблиця 6.2, 6.2.1)

Таблиця 6.2 - Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Назва бази
1,2,3	III, IV,V	УБ
4,5	I,II	ПОБ

Таблиця 6.2.1 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
l	0	1	0	ПНБ
α	0	1	1	
l	1	0	1	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	Вакансія
α	0	0	0	
	1	2	2	

При базуванні заготовка позбавлятиметься 5-ти степенів свободи три з них це обертання навколо Y та X та поступальне переміщення навколо осі Z і дві–переміщення по X та Y.

Виконаємо аналіз запропонованої схеми базування з точки зору можливості забезпечення точності технологічних розмірів.

Точність розмірів зубців не залежить від обраної схеми базування, а визначається розмірами ріжучого інструменту (черв'ячної фрези) та степені його зношення.

Похибка базування в даному випадку дорівнюватиме допуску на розмір $\varnothing 120^{+0,035}$ мм якій зв'язує технологічну базу та вимірювальну базу.

Похибка базування в даному випадку дорівнюватиме допуску на розмір $\varnothing 120^{+0,035}$ мм якій зв'язує технологічну базу та вимірювальну базу.

$$E\delta_{260}=0,026 \text{ мм} < T_{260}=0,035 \text{ мм.}$$

Таким чином забезпечення точність розміру 130 мм гарантується при використанні запропонованої схеми базування.

6.3 Розрахунок сил закріплення

При фрезеруванні паза пропонується закріпити заготовку в трикулачковому самоцентруючому патроні. При такій схемі закріплення заготовку діятиме момент різання $M_{кр}$, який визначається тангенціальною складовою сили фрезерування P_z та плечем R , на якому вона діє.

Силам та моменту різання протидіятимуть сили та момент тертя. Так, сили тертя $F_{тр}$ визначатимуться зусиллям закріплення заготовки P_z та виникатимуть на зовнішній циліндричній поверхні заготовки $\varnothing 170$, яка контактує з робочими поверхнями кулачків пропонованого патрону. Момент тертя $M_{тр}$ визначатиметься силами тертя $F_{тр}$, які діятимуть на плечі r .

З урахуванням сказаного зусилля закріплення заготовки можна розрахувати за формулою:

$$P = \frac{P_z \cdot R \cdot K_{зап}}{f \cdot r} \quad (6.1)$$

де K - коефіцієнт запасу;

P_z —сила різання;

R —

r -

f - коефіцієнти тертя. Беремо $f = 0,16$

Коефіцієнт запасу визначимо відповідно за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (6.2)$$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1,5$;

K_1 - враховує збільшення сили різання за наявності випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях, для чорнової обробки

беремо $K_1 = 1,2$;

K_2 - характеризує збільшення сил різання інструменту, для фрезерування торцевою фрезою заготовки та з урахуванням тангенціальної складової сили різання $K_2 = 1,6$;

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		65

K_3 - враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні, фрезерування $K_3 = 1$;

K_4 - характеризує постійність сили закріплення, для пневмо циліндру двусторонньої дії беремо $K_4 = 1,3$;

K_5 - характеризує ергономіку затискних механізмів, при використанні механізованого приводу закріплення беремо $K_5 = 1$;

K_6 - враховує наявність моменту який намагається повернути заготовку встановлену на плоскі постійні опори, за відсутності моменту $K_6 = 1$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,7$$

Розрахуємо силу різання за формулою[1]:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^u \cdot n^w} \quad (6.3)$$

де C_p —коефіцієнт різання

t —глибина різання

S_z —подача на зуб

B —ширина фрезерування

D —діаметр фрези

n —обертишпінделя

z —кількість зубів фрези

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 4,5^{0,9} \cdot 0,013^{0,8} \cdot 6^{1,1} \cdot 24}{100^{1,1} \cdot 800^{0,1}} = 147\text{H}$$

Отже

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

$$P = \frac{147 \cdot 52 \cdot 3,7}{0,12 \cdot 85} = 2772 \text{ Н}$$

6.4 Вибір і розрахунок силового приводу

При виборі механізованого приводу закріплення заготовки перевагу віддаємо пневмоциліндру двосторонньої дії. Як відомо, пневмоциліндри забезпечують стабільне осьове зусилля на штоці незалежно від ходу штока.

Для визначення необхідного осьового зусилля на штоці пневмоциліндру скористаємося схемою дії сили закріплення на осьової сили на штоці приводу за умови використання передаточного пристрою клинового типу (див. рис. 6.2).

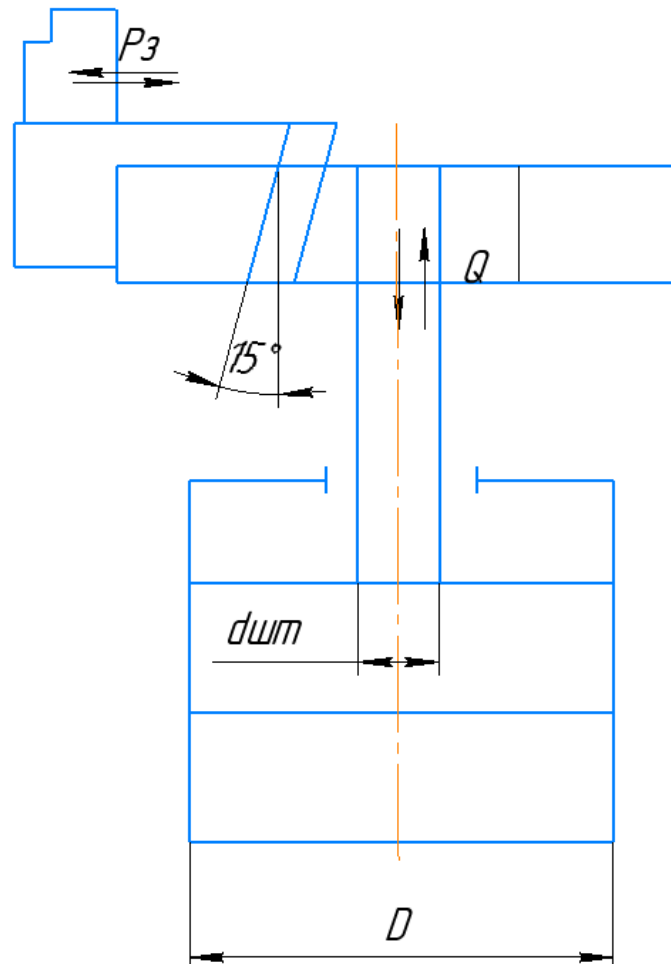


Рисунок 6.2 – Схема дії зусилля затиску та осьового зусилля на штоці пневмоциліндра

$$Q = \frac{P_3}{i_c} \quad (6.4)$$

де P_3 —сила закріплення

$i_c=1,8$ — коефіцієнт

$$Q = \frac{P_3}{i_c} = \frac{2772}{1,8} = 1540\text{Н}$$

Як відомо , величину осьового зусилля на штоці пневмоциліндру за умови подачі повітря до безштокової порожнини можна розрахувати за формулою:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4} \quad (6.5)$$

де D — діаметр пневмоциліндра;

$d=50$ – діаметр штоку;

$p = 0,4\text{МПа}$ – тиск повітря у пневмережі;

$\eta = 0,8$ — ККД;

Із формули для розрахунку осьової сили на штоці пневмоциліндру визначаємо розрахункову величину діаметра пневмоциліндру D :

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{\text{шт}}^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1540}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,8} + 50^2} = 92\text{мм}$$

де Q —сила на штоці

$p = 0,4\text{МПа}$ – тиск повітря у пневмережі;

$\eta = 0,9$ — ККД;

$d=40$ – діаметр штоку.

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмоциліндру $D=120\text{мм}$.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

$$D_{\phi} = 120 \text{ мм}$$

У зв'язку з обраним фактичним діаметром пневмоциліндру, розраховуємо фактичну силу на штоці:

$$Q = \frac{\pi(120^2 - 50^2) \cdot 0,4 \cdot 0,8}{4} = 2990 \text{ Н}$$

Розраховуємо фактичну силу закріплення за формулою:

$$P_3 = i_c \cdot Q_{\phi} = 1,8 \cdot 2990 = 5382 \text{ Н.}$$

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

6.5 Розрахунок верстатного пристрою на точність

Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які в найбільшій мірі впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. У нашому випадку до розрахункових параметрів варто віднести точність взаємного розміщення основних і допоміжних конструкторських баз пристрою, а саме радіальне биття робочих поверхонь кулачків патрона відносно посадкової поверхні фланця. Ці параметри є однорідними з похибками, що обумовлені на кресленні деталі найбільш жорстким допуском на глибину оброблюваних зубців в розмір $130^{+0,3}$ мм ($T = 0,3$ мм).

Допустиму похибку виготовлення верстатного пристрою по радіальному биттю робочих поверхонь кулачків визначимо за формулою:

$$E_{\text{пр}} = T_{4.5} - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_{4.5})^2 + \varepsilon_{z_{4.5}}^2 + \varepsilon_{y_{4.5}}^2 + \varepsilon_{n_{4.5}}^2 + \varepsilon_{i_{4.5}}^2 + (K_{T_2} \cdot \omega_{4.5})^2 + \varepsilon_{\text{поз}_{4.5}}^2} \quad (6.6)$$

де $k_T=0,3$ - коефіцієнт який враховує можливе відхилення значень складових величин рівняння від нормального

k_{T1} - коефіцієнт враховуючий зменшення $k_1=1,2$.

E_6 - похибка базування $E_6= 0$ (див. розділ 2 цієї роботи).

E_3 - похибка закріплення $E_3= 0$.

E_y - похибка установки оснащення на верстаті $E_y= 0,020$ мм.

$E_{\text{п}}$ - похибка перекосу оснащення на верстаті $E_{\text{п}}= 0$.

$E_{\text{зн}}$ - похибка зносу установчих елементів оснащення $E_{\text{зн}}= 0$.

$E_{\text{поз}}$ - похибка позиційна $E_{\text{поз}}= 0,02$ мм.

K_{T2} - коефіцієнт який враховує можливість похибки при обробці $k_{T2} = 0,6$.

ω – середня точність обробки $\omega = 0,02$ мм.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{\text{пр}} = 0,3 - 1,2\sqrt{(0,85 \cdot 0,11)^2 + 0 + 0,020 + 0 + 0 + (0,6 \cdot 0,02)^2 + 0,02} = 0,182\text{мм.}$$

Беремо найближчу стандартну величину радіального биття – 0,16 мм. З урахуванням сказаного покажемо на складальному кресленні пропонованого верстатного пристрою технічну вимогу з таким формулюванням: «Радіальне биття робочих поверхонь кулачків патрона відносно посадкової поверхні фланця – не більше 0,16 мм».

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		71

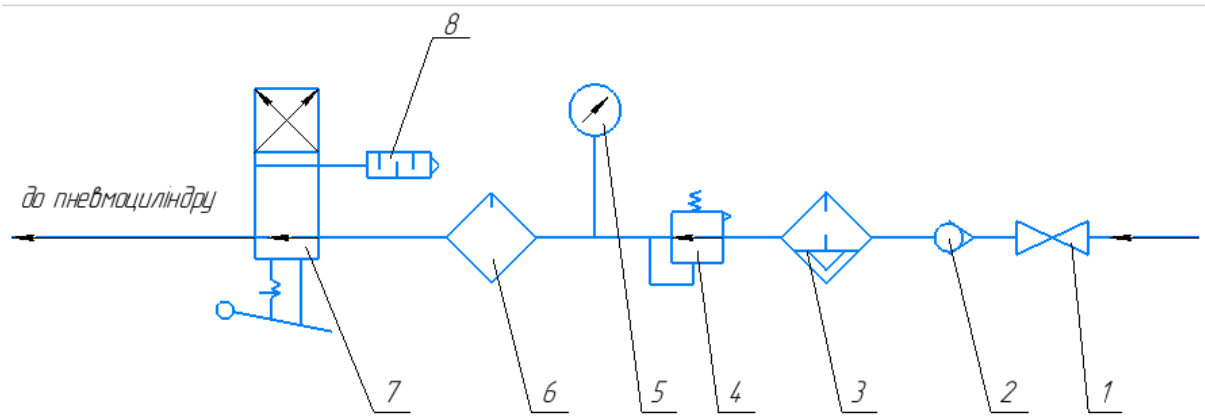
6.6 Будова та принцип дії верстатного пристрою

Базовим елементом верстатного пристрою є корпус поз. 28. У радіальних пазах корпусу 28 розташовані три рухомі кулачки поз. 7 з рифленою поверхнею яких сполучаються змінні накладні кулачки поз. 13. Гвинти поз. 18 і сухарі поз. 14 слугують для фіксації накладних кулачків відносно рухомих кулачків в процесі налагодження патрона. В центральному отворі корпусу патрона розміщено клинову муфту поз. 9, яка має рухоме зачеплення з кулачками поз. 7 через поверхню, яка забезпечує клинове з'єднання під кутом 15° і приводиться в рух від штока приводу. При осьовому переміщенні муфти кулачки отримують радіальне переміщення і затискають або звільняють заготовку. Передавальне відношення переміщень клинового механізму 1:3,7. Форма клинового сполучення дозволяє легко виймати і замінювати кулачки. Для цього в муфті передбачено шестигранний отвір для ключа при повороті муфти проти годинникової стрілки на кут 15° кулачки виводять із зачеплення і виймають. У робочому положенні муфта утримується штифтом, який одночасно служить упором, що обмежує поворот муфти при зміні кулачків. Пружні штифти утримують від випадання, коли вони виведені із зачеплення з муфтою. Втулка оберігає патрон від проникнення в нього бруду і стружки. Одночасно її конусний отвір використовується для установки напрямних втулок, упорів тощо.

Схему підключення верстатного пристрою до пневмомережі надано на рисунку 6.3.

Креслення верстатного пристрою наведено на Додатку Г.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72



- 1 – вентиль;
- 2 – зворотний клапан;
- 3 – фільтр-осушувач;
- 4 – редукційний пневмоклапан;
- 5 – манометр;
- 6 – малярозпилювач;
- 7 – пневморозподільник чотирьохлінійний
- 8 – пневмоглушитель

Рисунок 6.3 - Схема підключення пневмоциліндру до пневмомережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

73

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Бушуев, В. В.** Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. – М. : Машиностроение, 2006. – 448 с.
2. **Проников, А. С.** Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников и др. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 356 с.
3. **Пуш В. Э.** Конструирование металлорежущих станков / В. Э. Пуш. – М. : Машиностроение, 1977. – 390 с.
4. **Кузьмин А. В.** и др. Расчеты деталей машин : справ. пос. / А. В. Кузьмин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высш. шк., 1986. – 400 с.
5. **Кочергин А. И.** Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование : учеб. пос. / А. И. Кочергин. – Минск : Высшэйшая школа, 1991. – 382 с.
6. **Дальский А. М.** Справочник технолога – машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.
7. **Орликов М. Л.** Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пос. / М. Л. Орликов. – К. : Вища школа, 1987. – 152 с.
8. Станок 6Т10. Руководство по эксплуатации.
9. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи “Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів” / Укладач М.М.Коротун. – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: М.М. Коротун, О.В. Івченко – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 35 с

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		74

11. **Корсаков В.С.** Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
12. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е издание., перераб. и доп.– М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.
13. **Гжиров Р. И.** Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, Ленингр. 1983. – 464 с.
14. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.
15. **Горбацевич А. Ф., Шкред В. А.** Курсовое проектирование по технологии машностроения – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.
17. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений, Г. С. Чумаков - Сумы, СумГУ, 1997 - 34с.
18. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
19. **Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордєєв А.І.** Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2004. – 230 с.
20. **Пашкевич М.Ф., Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Пашкевич В.М.** Технологическая оснастка: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов, 2002. – 320 с.
21. **Боровик А. І.** Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – К.: Кондор, 2007 – 726 с.

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		75

22. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.

23. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с.

24. **Горбачев А.Ф., Шкред В.А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

25. **Анурьев В.И.** Справочник конструктора. В 3–х томах. – М.: Машиностроение, 1979.

26. Справочник технолога-машинобудівника Том 2 Ред. А.Г. Кослилов та Р.К. Мещяков

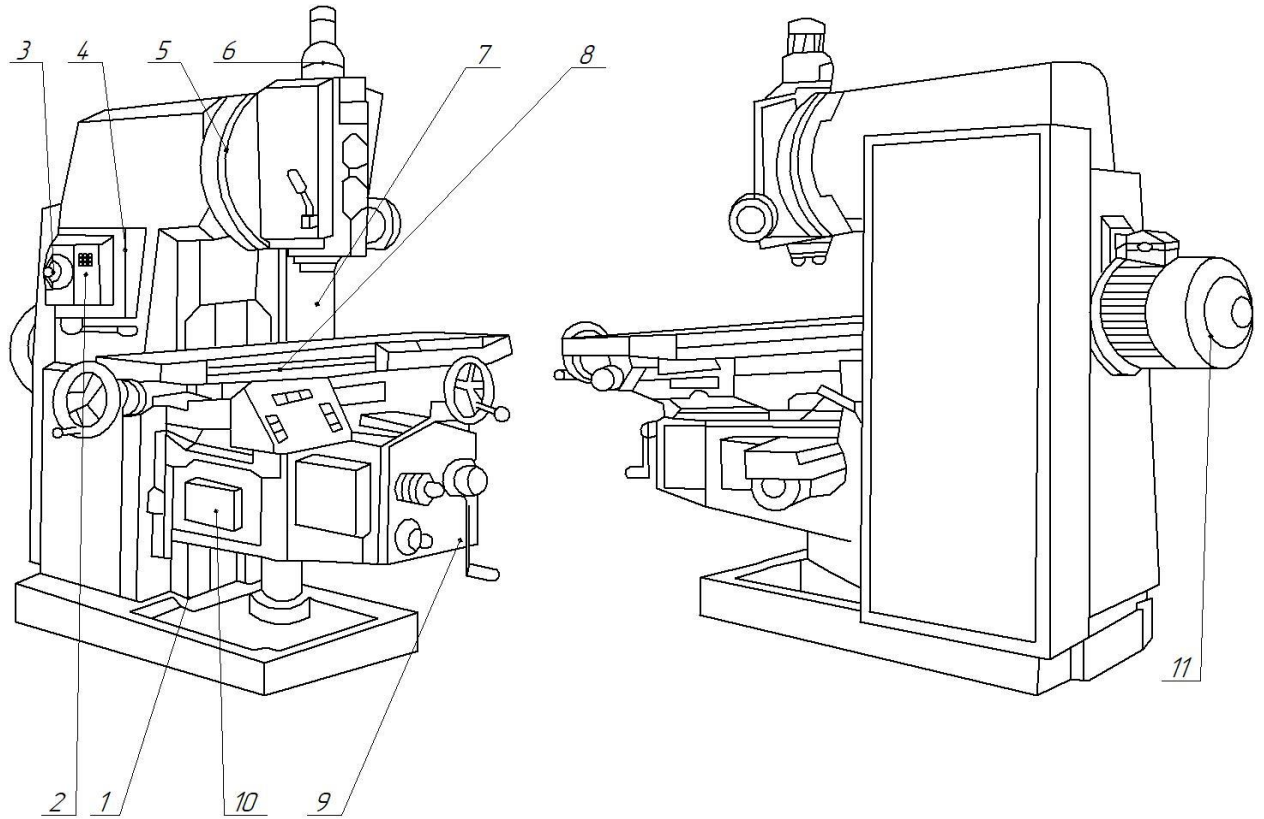
27. Справочник технолога-машинобудівника Том 1 Ред. А.Г. Кослилов та Р.К. Мещяков

					ВІ 20510127 – 00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		76

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

(Схема верстату 6Т12)



Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

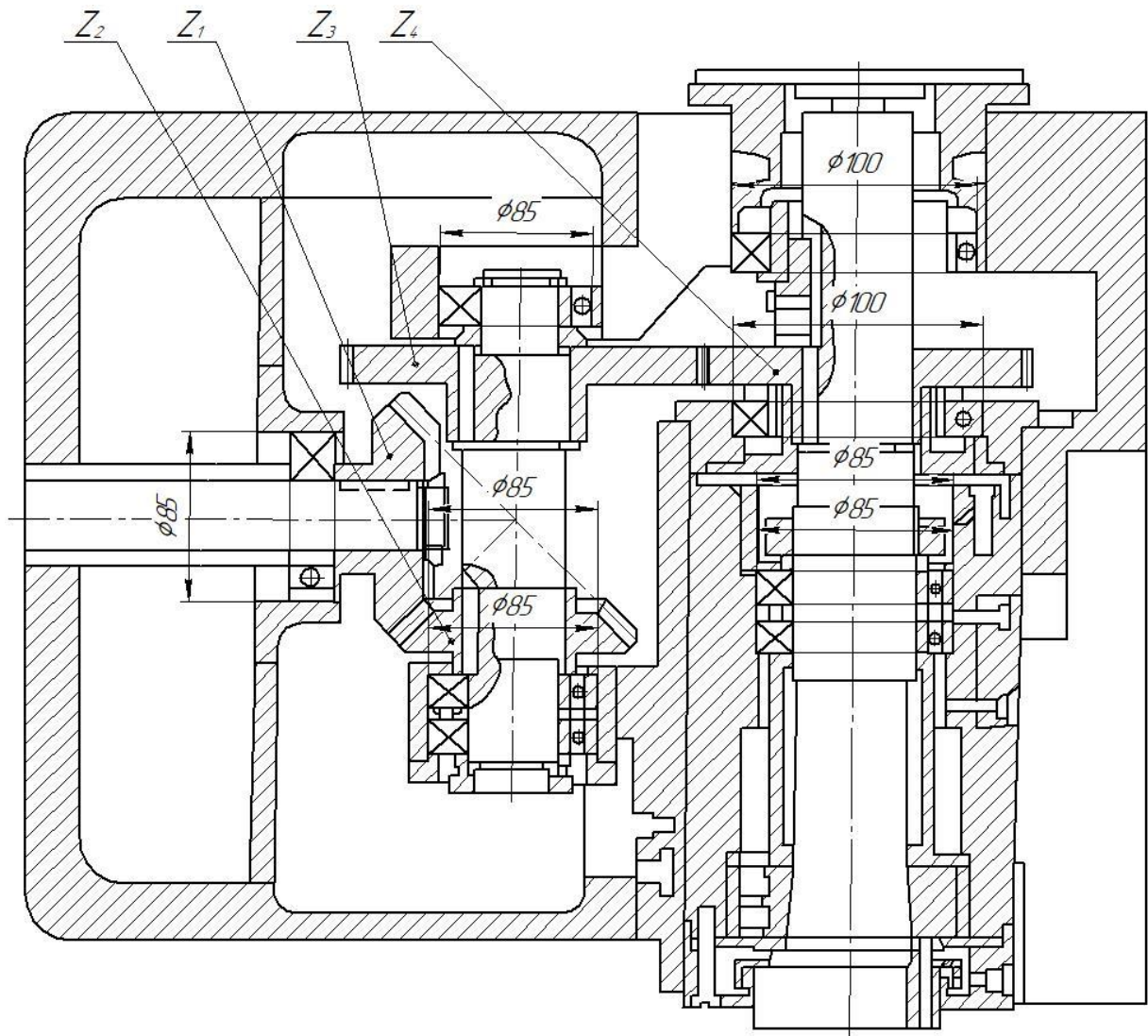
ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

77

ДОДАТОК Б

(креслення модернізованої коробки швидкостей)



1. Розміри на кресленні вказані для підшипників
2. $Z_1=Z_2=30$; $Z_3=50$ $Z_4=25$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

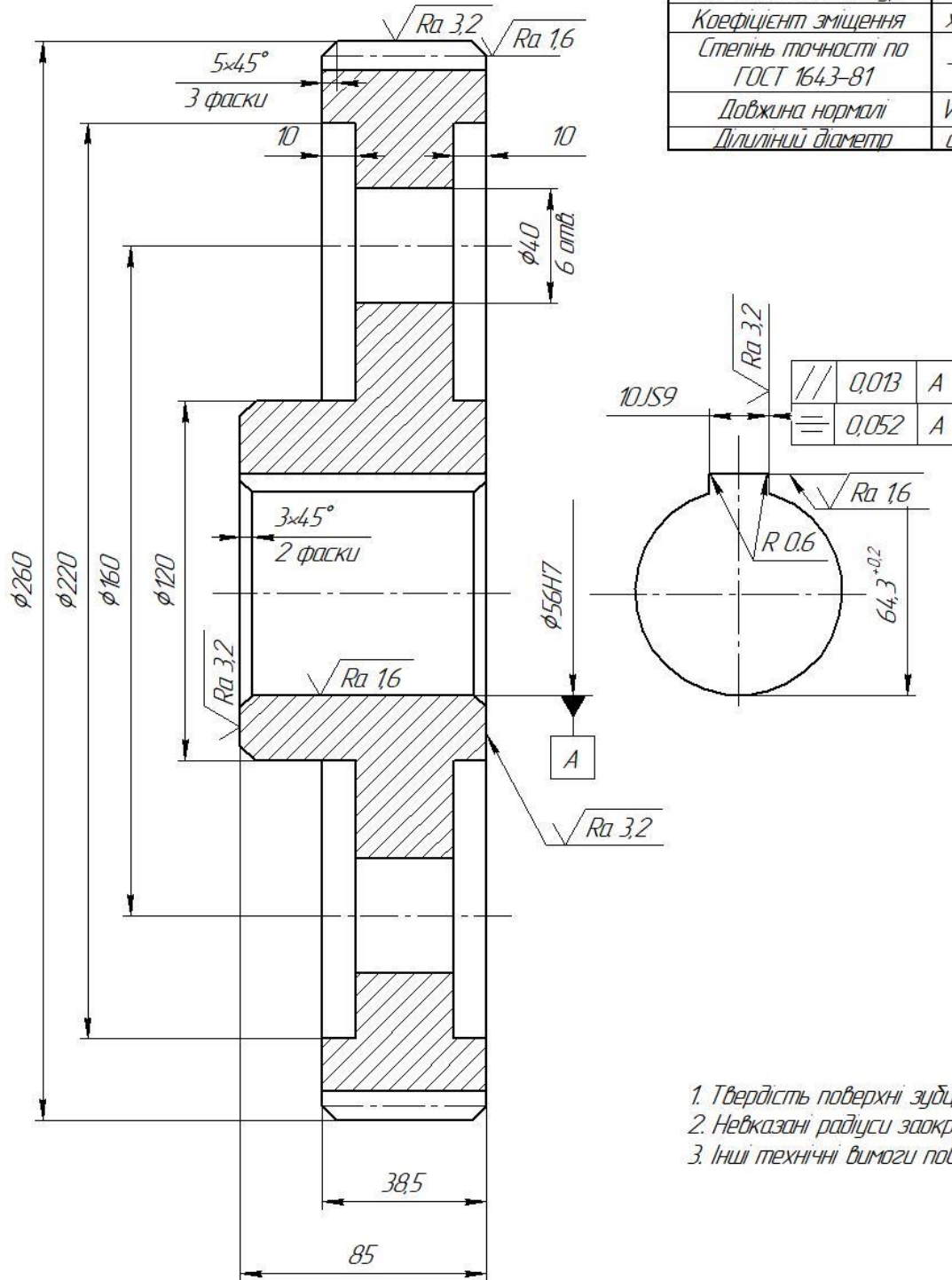
78

ДОДАТКИ В

(креслення деталі)

$\sqrt{Ra\ 12.5\ (\checkmark)}$

Модуль	<i>m</i>	5
Кількість зубців	<i>z</i>	50
Кут нахил. лінії зубів	β	14°22'
Напрямок лінії зубів	-	левоє
Початковий контур	-	ГОСТ 13755-81
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	0
Степінь точності по ГОСТ 1643-81	-	7-С
Довжина нормалі	<i>W</i>	188,521 ^{-0,14} _{-0,26}
Ділильний діаметр	<i>d</i>	360



1. Твердість поверхні зубців 200...240 НВ
2. Невказані радіуси заокруглити 2...3 мм
3. Інші технічні вимоги по СТБ 1014-95

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

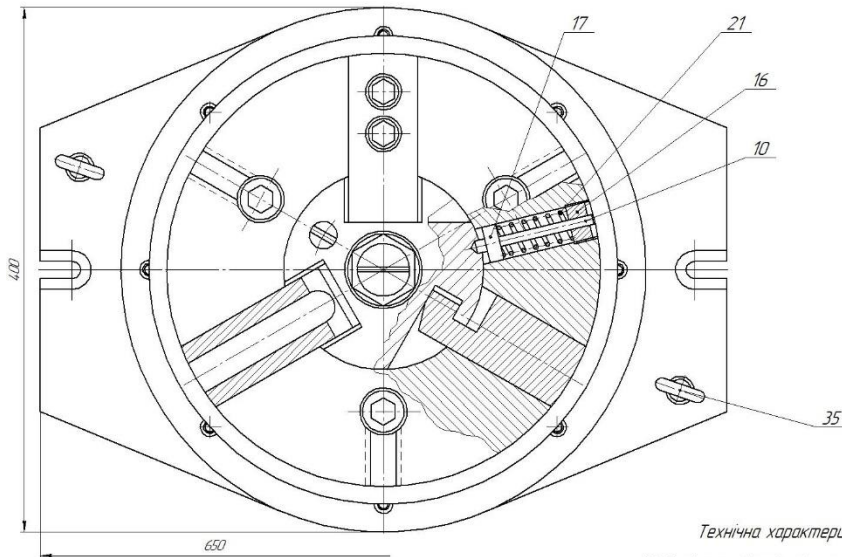
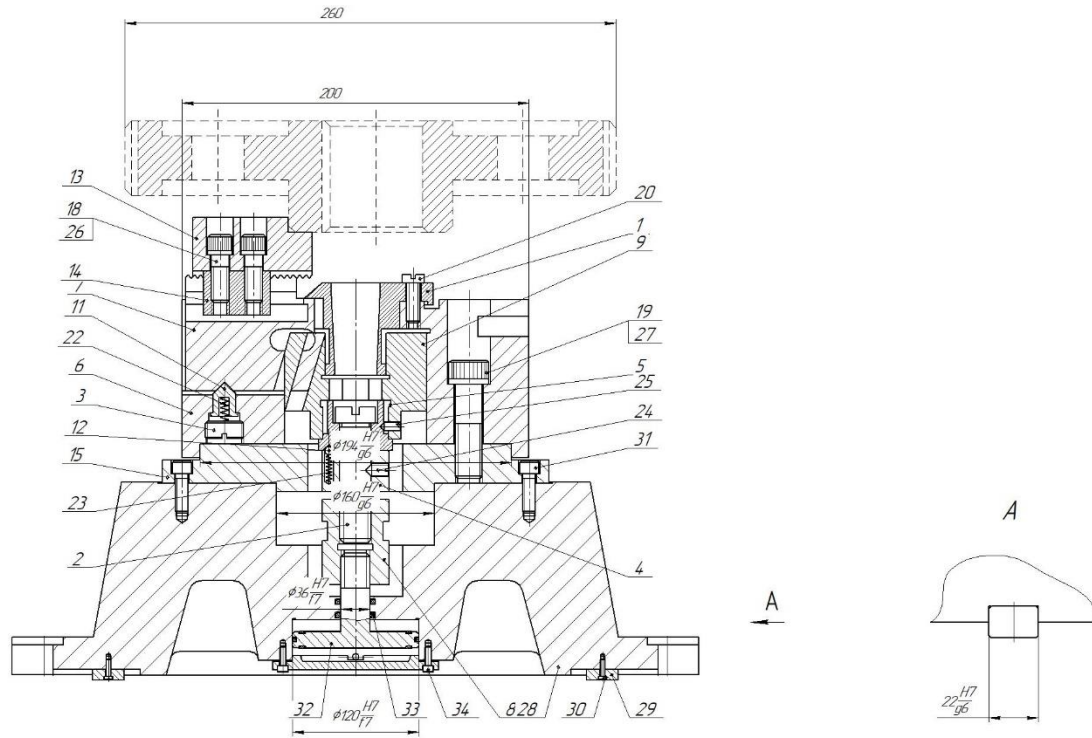
ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

79

ДОДАТОК Г

(Креслення верстатного пристрою)



Технічна характеристика

- 1 Робочий тиск повітря в пневмомеханізмі $p=0,4$ МПа
- 2 Зусилля на штовхач парнича тягачів $W=5,8$ кН

Технічні вимоги

1 * Розмір для довідки

- 2 Пристрій вантажів виробляється тиском повітря $p=0,63$ МПа впродовж 20 хв. Контроль герметичності provádати мильним розчином. Виток повітря не допускається.
- 3 Поверхня що трується знімається зносом "ДИАТИМ 212" ГОСТ 11110-*
- 4 Чисельність парнича пневмомеханізму знімається через кожні $(20-25) \cdot 10^3$ циклів роботи.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

80

ДОДАТОК Д

(Технологічна документація)

ГОСТ 3118-82												Форма 1														
СумДУ												1														
СумДУ												СумДУ														
СумДУ												СумДУ														
Зубчасте колесо												дп XX XX														
М01 Штампування ГОСТ 7505-85/Сталь 45																										
М02																										
Код операції												Код документа														
XX XX XX XX XX XX Штампування												Проціль ч. розміри														
XX XX XX XX XX XX												φ260x85 XX XX														
Код операції												Обозначение документа														
Код наименования обработки												Обозначение код														
А	Цев.	Ш.	РЧ	Опер.	Код наименования операции						СЧ	Прод.	Р	УТ	НР	КВЛД	ЕЧ	ОТ	Кшт.	Тпа	Тшт.					
А03	XX	XX	XX	005	XXXX Заготівельна																					
XXXXXX XXXX												Плавільна П1ч				3	XXXXX	312	Р	1	1	1	XX	-	XX	XX
А06	XX	XX	XX	010	0200 Технічний контроль																					
XXXXXX XXXX												Стіл ОТК				4	13063	220	10	1	1	1	20	-	XX	XX
А09	XX	XX	XX	015	4233 Токарна																					
XXXXXX XXXX												1Н713				2	16045	412	Р	1	1	1	20	-	XX	XX
О11 Розточити отвір D51 мм до D55,5 мм																										
12 Підрізати торець з d124 мм до D55,5мм																										
13 Підрізати торець з d280 мм до d225 мм																										
14 Підрізати торець з d225 мм до d124 мм на глибину L10 мм																										
15 Зняти фаску 12x45° на d280 мм																										
16 Зняти фаску 3,25x45° на D55,5 мм																										
МК																										

ГОСТ 3118-82												Форма 1 б														
МК																2										
Код операції												Обозначение документа														
Код наименования обработки												Обозначение код														
А	Цев.	Ш.	РЧ	Опер.	Код наименования операции						СЧ	Прод.	Р	УТ	НР	КВЛД	ЕЧ	ОТ	Кшт.	Тпа	Тшт.					
Наименование детали, ее элементов и материала																										
01 Встановити закріпити зняти																										
02 Підрізати торець з d124 мм до D55,5 мм																										
03 Підрізати торець з d280 мм до d225 мм																										
04 Обточити торець з d124 мм до d120 мм на довжину L40 мм																										
05 Підрізати торець з d225 м до d120 мм на глибину L10 мм																										
06 Обточити торець з d280 мм d260 мм на довжину 155 мм																										
07 Зняти фаску 5x45° на d260 мм																										
08 Зняти фаску 5x45° на d120 мм																										
09 Зняти фаску 3,25x45° на D55,5 мм																										
10 391890 XXXX (1) Різець прохідний ГОСТ 18879-73 Т15К6; 391890 XXXX(1) Різець прохідний ГОСТ 18879-73 Т5К10																										
11 391890 XXXX (1) Різець розточний ГОСТ 18883-73 Т15К6; 391890 XXXX																										
12																										
А13	XX	XX	XX	015	XXXX Свердильна																					
XXXXXX XXXX												2Н150				4	XXXXX	220	10	1	1	1	20	-	XX	XX
А16	XX	XX	XX	020	XXXX Протяжна																					
XXXXXX XXXX												7Б64				2	19630	420	Р	1	1	1	45	-	XX	XX
17																										
18																										
19																										
МК																										

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.
81

МК													3		
А	Дев.	Ч.	РМ	Опер.	Код наименования операции				Обозначение документа						
Б	Код наименования оборудования				ОУ	Проц.	Р	УТ	НР	КОД	БУ	ОТ	Кшт.	Тпа	Тшт.
К/У	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код				ОПТ	ЕД	ЕИ	ИИ	Н.васк.		
А01	XX	XX	XX	025	4.261 Зубофрезерная				ЮП № XXXX-XX						
Б02	381620	XXXX			2	18632	220	1P	1	1	1	45	-	XX	XX
03															
А04	XX	XX	XX	030	5000 Термична				ЮП № XXXX-XX						
Б05	XXXXXXXX	XXXX			4	19100	420	1P	1	1	1	20	-	XX	XX
06															
А07	XX	XX	XX	035	4.132 Внутрі шліфувальна				ЮП № XXXX-XX						
Б08	381312	XXXX			2	18873	220	1P	1	1	1	56	-	XX	XX
09															
А10															
Б11	XX	XX	XX	040	0200 Технологічний контроль				ОП № XXXX-XX						
12	XXXXXXXX	XXXX			4	13063	220	10	1	1	1	20		XX	XX
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ВІ 20510127 – 00 ПЗ

Арк.

82

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубль											
Взам											
Гвдн											
								СумДУ	4	1	
Розроб	Попельна ДЮ			СумДУ				СумДУ 10140			
Провер	Некрасов СС										
Н. контр.	Елещай АБ					Зубчасте колесо		дп	015		

$\sqrt{Ra6.3}$

φ160

φ40

6 отв.

10

3

55

10

Ra 3.2

KE

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубль													
Взам													
Гвдн													
								СумДУ	4	2			
Розроб	Попельна ДЮ			СумДУ				СумДУ					
Провер	Некрасов СС												
Н. контр.	Елещай АБ					Зубчасте колесо		дп	030				
Наименование операции			Материал		Твердость		Ед	МД	Профиль и размеры		МВ	КОНД	
Сверлильна			Сталь 45		HB 180...235		166	139	φ260x50		10.3	1	
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		Тв	Тв	Тв	Тшт	СОЖ				
2Н150			-		0,28	0,0042	10	0,31	MP-7				
Р	М	Диал В	L	f	i	S	p	V	Тв	Тв			
		ММ	ММ	ММ		ММ/МИН	ОД/МИН	М/МИН	МИН	МИН			
О01	1. Встановити, закріпити, зняти												
Т03	XXXXXX XXXX Трьохкулачковий патрон ГОСТ 2675 250 мм												
Р04												XX	
05													
О06	2. Свердлити 6 отворів d40 мм, l10 мм												
Т07	XXXXXX XXXX Спиральне свердло d40 мм (1), XXXXXX XXXX Трьохкулачковий патрон ГОСТ 2675 250 мм(2)												
Р08		40	10	0,3	10	1	441	55,39	0,28	0,0042			
09													
О10													
12													
Р13													
													OK

ГОСТ 3.1105-84 Формо 7

Дубль										
Взам										
Гвдн										
							СумДУ	4	3	
Розроб	Попельна ДЮ									
Провер	Некрасов СС									
							СумДУ			
Н. контр.	Едунцов АВ									
							Зубчасте колеса		дп	025

KE

ГОСТ 3.1404-86 Формо 3

Дубль											
Взам											
Гвдн											
							СумДУ	4	4		
Розроб	Попельна ДЮ										
Провер	Некрасов СС										
							СумДУ				
Н. контр.	Едунцов АВ										
							Зубчасте колеса		дп	025	
Наименование операции		Материал		Твердость		Ед	МД	Профиль и размеры		МВ	КОНД
Фрезерная		Сталь 45		НВ 180..235		166	139	Φ260x85		10,3	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Тв	Тпа	Тшт	СДЖ			
53A80		-		193	0,03	10	2,162	MP-7			
Р		П	В или В	L	f	i	S	п	V	Тв	Тв
01			мм	мм	мм		мм/мин	об/мин	м/мин	мин	мин
002	1. Встановити, закріпити, зняти										
003	XXXXXX XXXX Трьохкулачковий патрон 7100-0019 ГОСТ 2675										
Р04										-	3,12
05											
006	2. Фрезерувати зубці, на зубчастому колесі витримуючи розміри.										
007	391831 XXXX Трьохзахідна черв'ячна фреза Р6М5 ГОСТ 3964-69*(1); XXXXXX XXXX Трьохкулачковий патрон 7100-0019 ГОСТ 2675(2)										
Р08			130	55	X	1	2	141	28	193	0,03
09											
010											
12											
Р13											
OK											